Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Ю. Э. ЮЖНЫЙ

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ И ИХ РЕМОНТ



БИБЛИОТЕКА
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 396

Ю. Э. ЮЖНЫЙ

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ И ИХ РЕМОНТ



6П2.1.082
Ю 17
УДК 621.86.062:621.318.3

Южный Ю. Э.

Ю 17 Грузоподъемные электромагниты и их ремонт. М., «Энергия», 1974.

72 с. с ил. (Б-ка электромонтера. Вып. 396).

В брошюре рассмотрены конструкции грузоподъемных электромагнитов различных типов и указаны их наиболее характерные повреждения; приводится технология ремонта с применением новых теплостойких электроизоляционных материалов, а также освещены вопросы модернизации электромагнитов старых типов с целью повышения их эксплуатационной надежности.

Брошюра предназначена для рабочих и мастеров энергетических служб промышленных предприятий, занятых эксплуатацией и ремонтом электрооборудования.

Ю $\frac{30307\text{-}059}{051(01)\text{-}74}$ 134-74 6П2.1.082

ЮРИЙ ЭММАНУИЛОВИЧ ЮЖНЫЙ

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ И ИХ РЕМОНТ

Редактор издательства И. П. Березина
Обложка художника В. И. Карпова
Технический редактор Т. А. Маслова
Корректор Н. В. Лобанова

Сдано в набор 19/IX 1973 г. Подписано к печати 8/II 1974 г. Т-01172
Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 3,78 Уч.-изд. л. 3,95
Тираж 12 000 экз. Зак. 414 Цена 15 коп.

Издательство «Энергия». 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решениями XXIV съезда КПСС предусматривается значительный рост производительности труда во всех областях народного хозяйства. Одним из основных решающих способов повышения производительности труда является механизация и интенсификация всех звеньев производственных процессов. Важнейшим оборудованием для механизации тяжелых и трудоемких погрузочно-разгрузочных работ на металлургических заводах, складах и базах для различных изделий из ферромагнитных материалов являются грузоподъемные электромагниты.

Современный крупный металлургический завод, механизированный склад или базу невозможно представить без магнитных кранов, т. е. мостовых, дизель-электрических, автомобильных, железнодорожных и других кранов, оборудованных грузоподъемными электромагнитами. Транспортировка, погрузка и разгрузка чугунных чушек в доменных цехах, перемещение блюмов, слябов, листов, рельсов и труб, а также работа со скрапом и многими другими изделиями из ферромагнитных материалов осуществляется преимущественно этими кранами.

Постоянно смонтированные (не подвешенные к крану) грузоподъемные электромагниты применяют на складах вместо специальных магнитных сепараторов для очистки сыпучих тел от металлических примесей: на электростанциях для извлечения металлических частиц из каменного угля; в литейных цехах для извлечения металлических частиц из формовочной земли. Грузоподъемные электромагниты могут применяться также при транспортировке металлических изделий, упакованных в деревянные ящики или бочки.

Очень эффективно используется грузоподъемный электромагнит с бойным, копровым шаром для дробления крупного чугунного металлического лома.

В настоящее время в промышленности эксплуатируют тысячи кранов, оборудованных грузоподъемными электромагнитами, и количество этих кранов непрерывно растет. Усовершенствование конструкций электромагнитов, повышение их надежности и долговечности, наряду с улучшением условий эксплуатации и рациональной постановкой ремонта, имеет важное народнохозяйственное значение.

В брошюре рассмотрены вопросы ремонта грузоподъемных электромагнитов, указаны наиболее оптимальные последовательности и режимы ремонтных операций, описаны прогрессивные ремонтные приспособления и оснастка, указаны пути улучшения энергетических показателей и повышения эксплуатационной надежности при ремонте электромагнитов.

Автор будет благодарен за критические замечания и пожелания, которые просит направлять по адресу: 113114, Москва Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия».

Автор

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТАХ

Грузоподъемный электромагнит является очень удобным, производительным и экономичным механизмом: для закрепления и освобождения транспортируемого груза не требуется обслуживающий персонал. Достаточно положить электромагнит на перемещаемый груз, включить электрический ток в катушку электромагнита и груз притянется к электромагниту; для освобождения от груза необходимо лишь отключить ток.

Важным достоинством грузоподъемных электромагнитов является дистанционное управление, а также возможность работы с грузами самых различных форм, закрепление которых при других способах транспортировки представляет большие трудности и связано со значительной затратой времени.

Грузоподъемными электромагнитами транспортируют не только холодный, но и горячий металл, однако если его температура не превышает некоторой определенной величины — так называемой точки Кюри при которой металл теряет свои магнитные свойства. Для стали эта температура близка к 750 °С.

Выпускаемые нашей электропромышленностью грузоподъемные электромагниты должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10130-62 «Электромагниты грузоподъемные постоянного тока». Согласно этому ГОСТ электромагниты выпускаются мощностью 1,0—18,5 кВт — круглой формы (рис. 1); 0,4—5,0 кВт — прямоугольной формы (рис. 2).

Напряжение электромагнитов 220 В при режиме работы с относительной продолжительностью включения ПВ=50%. При большей продолжительности включения следует снизить подводимое напряжение.

Максимальная температура поднимаемого груза 500 °С; при использовании электромагнита на грузах

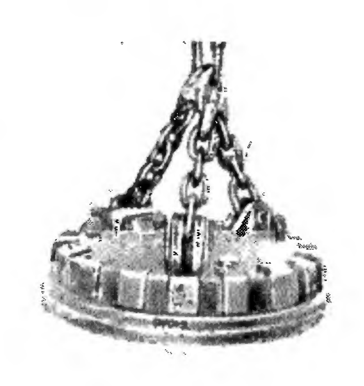


Рис. 1. Грузоподъемный электромагнит круглой формы.

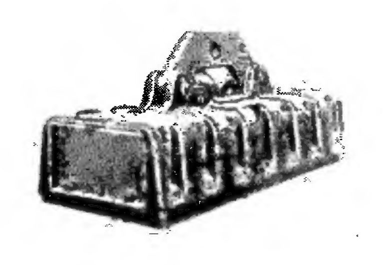


Рис. 2. Грузоподъемный электромагнит прямоугольной формы.

с температурой 500—600 °С напряжение и ПВ должны снижаться.

Применяемые в электромагните электроизоляционные материалы должны быть класса нагревостойкости не ниже F.

Сопротивление изоляции относительно корпуса в холодном состоянии должно быть не менее 10 МОм, в горячем состоянии — не менее 0,6 МОм. Испытательное напряжение — 3 000 В переменного тока частотой 50 Гц, прикладываемое в течение 1 мин.

Производство грузоподъемных электромагнитов начато нашей электропромышленностью — заводом «Динамо» с 1933 г. За это время было выпущено несколько типов электромагнитов круглой и прямоугольной форм различной грузоподъемности. Конструкция выпускаемых заводом электромагнитов непрерывно совершенствуется с целью повышения эксплуатационной надежности, улучшения экономических показателей, снижения трудоемкости и себестоимости их изготовления.

На заводе «Динамо» разрабатывают новые и улучшают существующие типы электромагнитов, базируясь на опыте их производства и эксплуатации, применяют новые прогрессивные электроизоляционные материалы и технологические процессы, а также находят более совершенные инженерные решения конструктивного исполнения.

Технические характеристики круглых электромагнитов, изготовляемых отечественными заводами, приведены в табл. 1, прямоугольных — в табл. 2.

Таблица 1

Обмоточные и технические данные	Типы круглых электромагнитов									
	М-21	М-22	М-22Б	М-41	М-42	М-42Б	М-61	М-62	М-62А	М-62Б
Грузоподъемность (катушка горячая; груз—холодная плита), тс	6	6	6	16	16	16	30	30	20	20
Потребляемая мощность (катушка горячая), кВт	2,1	2,3	2,3	6,8	7,15	7,15	12,5	12,5	12,5	12,5
Ток, потребляемый катушкой горячей/холодной, А	9,5/14,2	10,5/15,8	10,5/15,8	31/47	32,5/49	32,5/49	56,5/85,2	56,5/85,2	56,5/85,2	56,5/85,2
Сопротивление катушки при 20°С, Ом	15,5±±1,24	13,9±1,11	13,9±1,11	4,68±±0,37	4,49±0,36	4,49±0,36	2,58±0,20	2,58±0,20	2,58±0,20	2,58±0,20
Сопротивление секции при 20°С, Ом	15,5±±1,24	13,9±1,11	13,9±1,11	1,17±±0,092	1,123±±0,090	1,123±±0,090	0,43±±0,033	0,43±0,033	0,43±0,033	0,43±0,033
Число витков в катушке	2 745	2 544	2 544	1 580	1 488	1 488	1 470	1 470	1 662	1 662
Число секций в катушке	1	1	1	4	4	4	6	6	6	6
Число витков в секции	2 745	2 544	2 544	395	372	372	245	245	277	277
Размер неизолированного провода, мм	⌀2,26	1,45×3,28	1,45×3,28	0,4××30	0,5×25	0,5×25	1,25×25	1,25×25	1,25×25	1,25×25
Внутренний диаметр секции, мм	—	267	267	392	410	410	608	608	438	438
Наружный диаметр секции, мм	—	650	650	922	980	980	1 390	1 390	1 322	1 322
Масса меди катушки, кг	135	155	155	347	361	361	1 260	1 270	1 270	1 270
Масса электромагнита, кг	575	550	550	1 670	1 560	1 500	5 500	5 200	3 500	3 500

Таблица 2

Обмоточные и технические данные	Типы прямоугольных электромагнитов			
	ПМ-15	ПМ-20	ПМ-25	ПМ-25А
Грузоподъемность (катушка горячая; груз—холодная плита), тс	10	18	18	18
Потребляемая мощность (катушка горячая), кВт	2,3	5	5	4,4
Ток, потребляемый катушкой горячей/холодной, А	10,5/15,7	25/38	25/38	20/30
Сопротивление катушки при 20 °С, Ом	14±1,12	5,8±0,464	5,8±0,464	7,28±0,584
Сопротивление секции при 20 °С, Ом	7±0,56	0,725±0,058	0,725±0,058	0,91±0,073
Число витков в катушке	2 322	1 280	1 280	1 152
Число секции в катушке	2	8	8	8
Число витков в секции	1 161	160	160	144
Размер неизолированного провода, мм	1,81×3,28	0,4×30	0,4×30	0,4×22
Размер секции, мм:				
A	736	1 340	1 340	1 340
B	206	224	224	224
C	100	96	96	86,4
r	93	112	112	112
H	100	31,5	31,5	23,5
Масса меди катушки, кг	240	430	430	290
Масса электромагнита, кг	1 550	3 000	3 000	2 500

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТА

Как известно, при пропускании электрического тока через катушку помещенный внутри ее стальной сердечник приобретает свойства естественного магнита. Расположение силовых линий его магнитного поля указано на рис. 3.

Степень намагничивания стального сердечника, определяемая величиной проходящего через него магнитного потока, о которой судят по максимальной массе притягиваемого груза (подъемная сила электромагнита), зависит от величины тока, пропускаемого через катушку, числа витков и температуры катушки, химического состава формы, размеров и температуры поднимаемого груза.

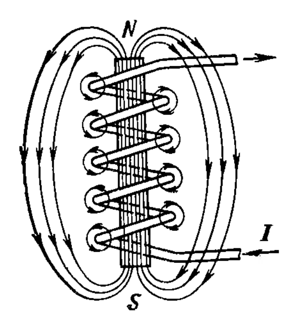


Рис. 3. Магнитное поле катушки.

Здесь же следует отметить, что катушка без стального сердечника также будет обладать магнитными свойствами — притягивать к себе ферромагнитные тела, но сила притяжения при одном и том же токе, проходящем через нее, значительно меньше, чем у катушки со стальным сердечником. Это объясняется тем, что магнитная проницаемость воздуха намного меньше, чем стального (ферромагнитного) сердечника.

Магнитный поток электромагнита определяется намагничивающей силой (н. с.) F, А:

$$F = Iw,$$

где I — ток, проходящий через его катушку, А; w — число витков катушки, а также магнитной проницаемости цепи, состоящей из сердечника электромагнита и поднимаемого груза.

Однако магнитная проницаемость не является постоянной величиной и в свою очередь зависит от величины н. с. С ростом н. с. магнитная проницаемость сначала резко возрастает, достигает своей максимальной величины, после чего наступает насыщение; увеличение н. с. дает незначительное увеличение магнитного потока до того момента, когда увеличение н. с. практически не

сопровождается дальнейшим увеличением магнитного потока.

Подъемная сила электромагнита, равная максимальной массе поднимаемого груза (плиты), составляет, тс:

$$P = \frac{40{,}6\Phi^2}{S} 10^4,$$

где S—площадь соприкосновения между полюсами магнита и поднимаемой плитой, см^2; Ф—магнитный поток, Вб, равный

$$\Phi = \frac{F}{R_\mu};$$

R_μ—магнитное сопротивление цепи электромагнита.

Магнитное сопротивление возрастает с увеличением длины силовых линий магнитного потока и числа воздушных промежутков, находящихся на пути магнитного потока, и уменьшается с увеличением сечения и повышения магнитной проницаемости материала, по которому проходит магнитный поток.

Длина силовых линий магнитного потока и сечение, по которому проходит этот поток, определяются конструкцией и размерами электромагнита, а число и размеры воздушных промежутков зависят от формы поднимаемого груза. На рис. 4, *а* показано расположение магнитных силовых линий при поднимании плиты (слитка), а на рис. 4,*б* — при поднимании скрапа. В последнем случае магнитное сопротивление настолько возрастает, что электромагнит поднимает груз в несколько раз меньше массы плиты или слитка.

Ниже приведены данные грузоподъемной способности электромагнита в зависимости от характера поднимаемого груза, %:

Стальные плиты и болванки	100
Рельсы и бруски	50
Копровый шар	40—60
Чугунные чушки	4—6
Скрап стальной	2—7
Скрап чугунный	3
Стружка	1,5—2,5

Как указывалось, подъемная сила электромагнита при прочих равных условиях пропорциональна величине тока, проходящего через его катушку. При заданном на-

пряжении эта величина зависит от электрического сопротивления катушки, которое, как известно, возрастает с повышением температуры. Сопротивление катушки при максимально допустимой температуре для грузовых электромагнитов может возрасти в 1,4—1,6 раз по сравнению с холодной катушкой. В таком же соотношении снизятся ток, н. с. и подъемная сила электромагнита. Следует отметить, что так как с повышением температуры поднимаемого груза снижается его магнитная проницаемость (достигая нуля при температуре, близкой к 750 °C), то соответственно этому снижается подъемная сила электромагнита.

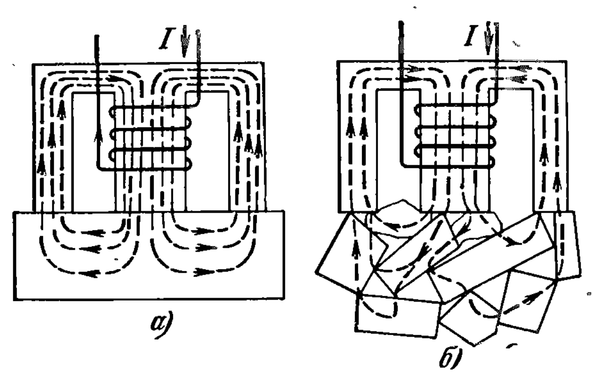


Рис. 4. Путь магнитного потока при подъеме плиты (*а*) и скрапа (*б*).

Питание электромагнита производится постоянным током, от двигатель-генератора. Питание может производиться также переменным током, но в этом случае предусматривается соответствующая выпрямительная установка. В качестве последних применяют полупроводниковые установки, выполненные по схеме трехфазного двухполупериодного выпрямления.

Для освобождения от груза иногда оказывается недостаточным отключить питание электромагнита. Из-за остаточного магнетизма в сердечнике электромагнита и поднимаемом грузе магнитный поток не снижается до нуля, а составляет некоторую величину, определяемую свойствами материала сердечника и поднимаемого груза, и это может оказаться достаточным, чтобы груз (или часть груза) остался притянутым к электромагниту. Для полного освобождения от груза необходимо на ко-

роткое время «перемагнитить» электромагнит, т. е. пропустить ток через его катушку в обратном направлении. При этом, когда магнитный поток снизится до нуля, груз отпадет. Величина этого тока, называемого «обратным» током, составляет 12—20% рабочего тока.

При отключении электромагнита происходит быстрое снижение магнитного потока, наводящее в катушке электромагнита электромагнитную силу самоиндукции. Величина индуктированного напряжения возрастает при быстром отключении тока и в некоторых случаях может достигнуть 3 000—4 000 В, т. е. в 15—18 раз превысит номинальное напряжение, что не исключает возможности пробоя изоляции катушки электромагнита. Для ограничения величины перенапряжения параллельно катушке электромагнита подключается так называемое разрядное сопротивление. При величине разрядного сопротивления, в 5—6 раз превышающей сопротивление катушки электромагнита, перенапряжение практически снижается до 700—800 В*. Так как разрядное сопротивление постоянно подключено к электромагниту, то при его работе оно потребляет дополнительный ток.

3. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ. ВИДЫ И ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Ранее отмечалось, что электромагниты по форме исполнения разделяются на круглые типа М и прямоугольные типа ПМ.

Все электромагниты одной формы содержат много общих конструкторских решений. Имеющиеся же отличия больше наблюдаются у круглых электромагнитов, так как число их типов значительно больше, чем прямоугольных. При ремонте электромагниты круглой формы модернизируют, а прямоугольные оставляют в основном в прежней конструкции. Поэтому для круглого электромагнита ниже рассматривается принципиальная конструкция, а в следующем разделе приводятся конструкция каждого типа круглого электромагнита и направление его модернизации. Рассмотрение же прямоугольного электромагнита приведено для конкретного современного электромагнита типа ПМ-25А, а в следующем разде-

* Согласно ГОСТ 10130-62 перенапряжение не должно превышать 2 кВ.

ле указано отличие каждого типа прямоугольного электромагнита от рассмотренного.

В зависимости от максимальной грузоподъемности и потребляемой мощности электромагниты можно разделить на три группы, указанные в табл. 3.

Таблица 3

Группа	Грузоподъемность, тс	Типы электромагнитов
Легкая	До 10	М-21, М-22, М-22Б, ПМ-15
Средняя	10—20	М-41, М-42, М-42Б, ПМ-20, ПМ-25, ПМ-25А
Тяжелая	20—30	М-61, М-62, М-62А, М-62Б

Электромагнит круглой формы показан на рис. 5. Корпус *2*, выполненный в виде стальной отливки с наружным кольцевым и внутренним цилиндрическим полюсами, является магнитопроводом и одновременно защищает катушку *1* от механических повреждений. Корпус отлит из стали марки 25Л-I (ГОСТ 977-58), обладающей высокой магнитной проницаемостью; размеры его подобраны так, что площадь сечения стали на всем пути проходящего магнитного потока одинакова. Сверху корпуса отлиты три пары проушин *9*, к которым с помощью пальцев *8* крепят подъемные цепи *7*. Сверху корпуса приварена стальная коробка выводов *3*, внутри которой находятся две проходящие через электроизоляционную панель шпильки *5* из латуни марки ЛС59-I (ГОСТ 15527-70). Шпильки являются токоподводами от наружного кабеля *6* к началу и концу катушки *1*. Отверстие коробки в месте входа кабеля уплотнено. Коробка выводов закрывается через уплотняющую прокладку крышкой *4*.

В нижней части корпуса находятся внутренний *13* и наружный *11* полюсные наконечники, которые крепятся к нему сваркой или болтами (на рис. 5 показано болтовое крепление наконечников), а также защитная шайба *14*, назначение которой — закрыть катушку и надежно предохранить ее от механических повреждений при работе электромагнита.

Как видно из рис. 5, шайба несколько утоплена в корпусе и опирается на заточки внутреннего и наруж-

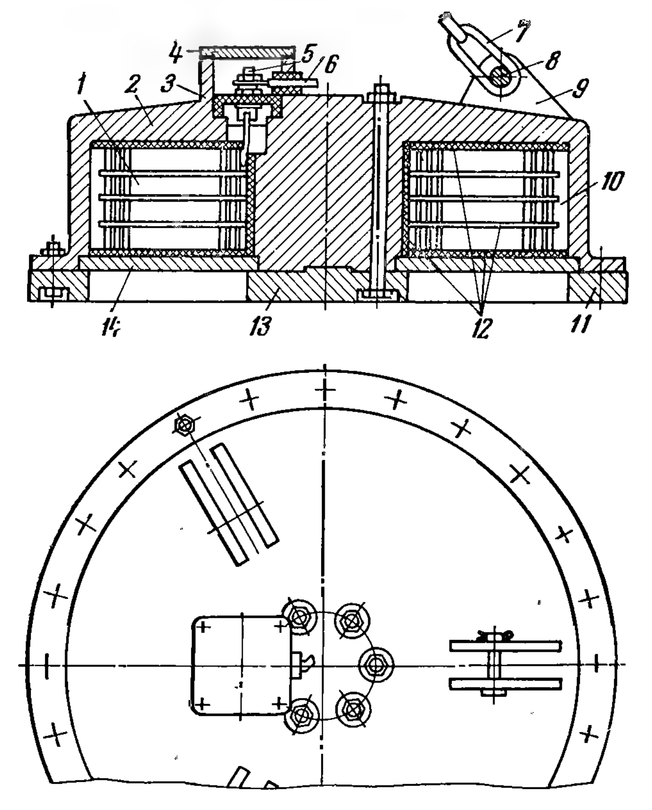


Рис. 5. Конструкция электромагнита круглой формы.

ного полюсов. При такой установке шайбы удары о груз в основном воспринимаются корпусом и не передаются катушке. Коробка с крышкой и полюсные наконечники отливаются из той же стали, что и корпус. Защитная шайба выполнена из немагнитной высокомарганцовистой стали (марки Гатфильда) для предотвращения шунтирования (по отношению к проходящему через поднимаемый груз) магнитного потока на его пути между внутренним и наружным полюсами электромагнита.

Болты, шпильки и гайки, крепящие полюсные наконечники, выполнены из прочной, обычно хромоникелевой стали марки 20ХН3А (ГОСТ 4543-71).

Катушки электромагнитов средней и тяжелой групп намотаны медной лентой марки ПММ (ГОСТ 434-71)

и состоят для электромагнитов средней группы грузоподъемности из четырех секций, а для тяжелой — из шести.

На рис. 5 показана четырехсекционная катушка. Места соединений секций между собой, а также соединения внутри секций, которые образуются при окончании бухты с медью во время намотки секции, пропаяны серебряным припоем марки ПСр-45 (ГОСТ 8190-56), обладающим высокой механической прочностью и небольшим электрическим сопротивлением. Изоляция витков выполнена асбестовой электроизоляционной бумагой (ГОСТ 9426-60), пропитанной клеящим лаком.

Секции катушки изолированы друг от друга, от корпуса и от защитной шайбы теплостойкими, электрически и механически прочными материалами *12*, а все пустоты внутри электромагнита залиты герметизирующей электроизоляционной массой *10*. О виде изоляции и составе заливочной массы подробнее указывается на стр. 18—20.

Катушки круглых электромагнитов легкой группы грузоподъемности намотаны из провода с теплостойкой обычно стекловолокнистой изоляцией марки ПСД или ПСДК (ГОСТ 7019-71) и состоят из одной секции.

Электромагнит прямоугольной формы средней группы типа ПМ-25А показан на рис. 6. Магнитопровод состоит из корпуса *1*, выполненного в виде П-образной отливки, боковые стенки которой образуют два наружных полюса, и отъемного литого сердечника *17*, образующего внутренний полюс. Сердечник крепится к корпусу болтами *5*. Материал корпуса и сердечника — сталь марки 25Л-I. Площадь сечения внутреннего полюса равна сумме площадей сечения наружных полюсов.

Сверху корпуса отлиты две пары проушин *4*, к которым крепят с помощью пальцев *7* коромысло *2*. Коромысло имеет отверстие для зацепления на траверсе крана. Здесь же сверху расположена коробка для выводов с крышкой *3*.

Снизу корпуса к полюсам крепятся шпильками *6* один наконечник *14* внутреннего полюса и болтами *11* два наконечника *15* наружных полюсов. Наконечники выполнены из стали марки Ст. 3.

Две фигурные немагнитные плиты *12*, опирающиеся на полюсы и поддерживаемые полюсными наконечниками, предохраняют снизу катушку *10* от механических

повреждений. Продольные карманы в плитах заполнены асбестовой набивкой *13*, которая, являясь теплоизоляцией, создает препятствие дополнительному нагреву катушки от горячих грузов.

Плиты выполнены из кремнистой латуни марки ЛК80-ЗЛ (ГОСТ 17711-72). По торцам электромагнит закрыт составными крышками *8*. Нижняя часть этих крышек для предотвращения шунтирования магнитного потока также выполняется из кремнистой латуни. В последнее время завод устанавливает плиты не из латуни, а из антимагнитной стали; торцевые крышки выполняются целиком из латуни. Крышки крепят к корпусу, к немагнитным плитам и к полюсному наконечнику болтами *9*, выполненными из стали марки 45.

Катушка состоит из восьми секций, намотанных ленточной медью марки ПММ. Секции соединяют последовательно, с пропайкой мест соединений твердым припоем. Обмоточные данные по всем электромагнитам помещены в табл. 1 и 2.

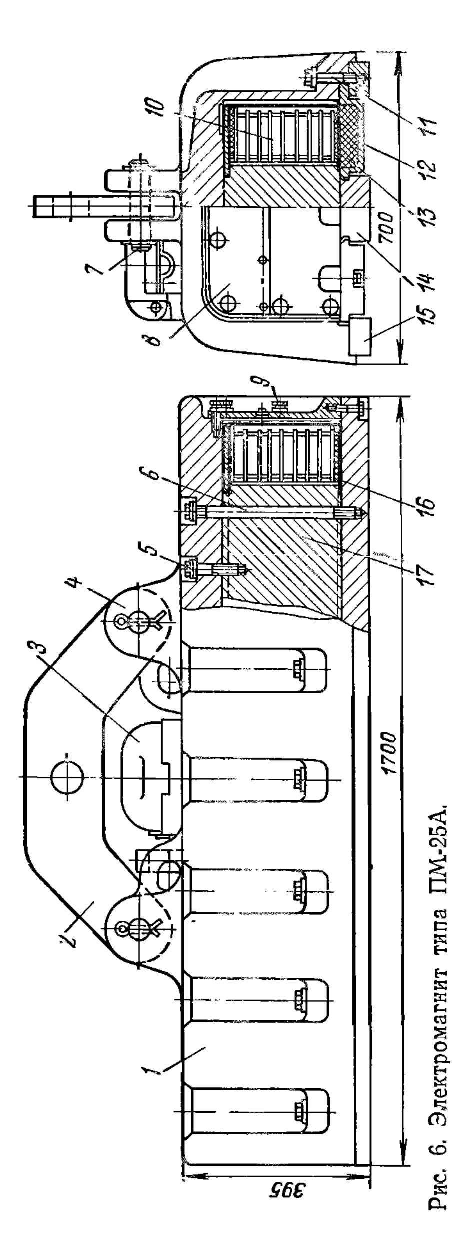


Рис. 6. Электромагнит типа ПМ-25А.

Вся катушка заключена в замкнутую стальную оболочку — капсулу *16*, в которую после укладки катушки заливают электроизоляционную массу. Капсула собрана вокруг сердечника *17*. К нему сначала приваривают нижнюю шайбу толщиной 6 мм и боковую стенку капсулы толщиной 2,5 мм. Затем после укладки катушки приваривают верхнюю стальную так называемую шунтирующую шайбу толщиной в 2 мм.

Катушка от корпуса и секции между собой надежно изолированы. Для закрепления секции между ней и стенкой капсулы установлены на равном расстоянии друг от друга 12 сухарей, выполненных из асбоцементной доски (ГОСТ 4248-68).

Как и в круглых электромагнитах, катушки прямоугольных электромагнитов легкой группы выполнены из прямоугольного провода, со стекловолокнистой изоляцией, но состоят из двух секций.

Повреждения электромагнитов в большинстве случаев заключаются в нарушении изоляции между витками и секциями катушки, а также между катушкой и корпусом или токоподводом и корпусом электромагнита.

Как указывалось, при отключении магнита возникает повышенное разрядное напряжение. Для его снижения к катушке подсоединяется разрядное сопротивление. Однако изоляция катушки и токоподводов должна противостоять (соответственно толщинам устанавливаемой изоляции и изоляционным расстояниям) не сниженному разрядному напряжению, а полному, если по каким-либо причинам разрядное сопротивление может оказаться отключенным или поврежденным.

Одной из причин нарушения изоляции может быть плохая герметизация объема, занятого катушкой, что приводит к вытеканию электроизоляционной массы или ухудшению ее электроизоляционных и механических свойств вследствие попадания влаги (засасывание ее) через неплотности. Влага снижает электрическую надежность витковой, межсекционной и корпусной изоляции.

Кроме того, при недостаточном закреплении катушки нарушению изоляции в немалой степени способствуют перемещение и деформация секций, происходящие из-за тепловых расширений катушки и от неизбежных сотрясений и ударов электромагнита о груз. Поэтому продолжительность безаварийной работы электромагни-

та зависит от того как надежно герметизирован электромагнит, как прочно укреплена в нем катушка и выводы, и насколько доброкачественна электроизоляционная масса.

Совершенствование конструкций электромагнитов на заводе-изготовителе заключалось главным образом в улучшении герметизации электромагнита и крепления катушки в его корпусе, а также в применении лучших заливочных масс и более простой технологии изготовления.

Основное назначение электроизоляционной заливочной массы — препятствовать увлажнению изоляции, что способствует сохранению ее высоких электрических и механических качеств. Помимо этого улучшается теплоотвод от меди катушки, а при достаточной твердости массы при рабочих температурах ограничиваются возможности деформации катушки, что ведет к сохранению изоляции.

Все типы круглых электромагнитов по способу крепления катушки в корпусе разделяют на каркасные, капсульные и бескаркасно-капсульные.

В электромагнитах первых выпусков секции катушки собирали на стальной втулке и стягивали двумя металлическими шайбами, образующими как бы каркас катушки. Этот каркас закладывали в корпус электромагнита, закрывали защитной антимагнитной шайбой, после чего электромагнит герметизировали и заливали электроизоляционной массой. Для герметизации зазоры в его корпусе уплотняли асбестовой набивкой. Эти электромагниты заливались битумом с температурой размягчения 90—110°C. При высоком нагреве электромагнита, что практически неизбежно при работе с горячими грузами, и нарушении асбестовой набивки битум вытекал, и при остывании электромагнита в него засасывалась влага. Будучи термопластичным (т. е. размягчающимся при повторных нагревах), битум не является средой, препятствующей деформации секций катушки электромагнита.

В электромагнитах последующего выпуска секции собирают в катушку в специальной капсуле, которую заваривают и заливают электроизоляционной массой, а затем приболчивают или приваривают к корпусу электромагнита.

В качестве электроизоляционной массы в электромагнитах этого типа применяют массу № 96 (ТУ

МХП 1902-54), представляющую собой смесь уплотненного тунгового масла с тальком. Масса № 96 термореактивна, при нагреве до 180—190 °С становится плотным упругим веществом и при повторных нагревах не плавится. Однако длительное повышение температуры до 150 °С вызывает разложение массы на составные вещества с последующим крошением от динамических нагрузок, усыханием и уменьшением в объеме. Таким образом, в процессе эксплуатации и в этой массе образуются пустоты, в которые возможно проникновение влаги, и она не создает достаточного надежного монолита с катушкой. Сборка электромагнита такого типа представляет определенную сложность.

В электромагнитах последних выпусков секции катушки поочередно укладывают в корпус, расклинивают по наружному диаметру и закрывают тонкой стальной шайбой, которая приваривается к корпусу по всему наружному и внутреннему диаметру. В образовавшуюся оболочку заливают электроизоляционную массу — компаунд на основе эпоксидной смолы ЭД-16 (ГОСТ 10587-72). Указанная стальная шайба, как и в электромагнитах с капсульным креплением катушек, шунтирует магнитный поток электромагнита, но ввиду небольшой толщины шайбы в нее ответвляется незначительная часть общего потока (в пределах 3—5%), что не оказывает большого влияния на грузоподъемность электромагнита. Такое бескаркасно-капсульное крепление катушки в корпусе намного упрощает сборку электромагнита, а плотная расклиновка секций и создание влагонепроницаемой оболочки с заливкой термореактивным эпоксидным компаундом холодного отверждения заметно повышает надежность работы электромагнита.

Компаунд при рабочих температурах сохраняет твердость, что дополнительно ужесточает крепление катушки в корпусе.

Прямоугольные электромагниты всех типов (кроме ПМ-20) в силу своих конструкторских особенностей выполняются с укладкой и герметизацией катушки непосредственно в капсуле. Для этих электромагнитов это решение является наиболее возможным.

В качестве изоляции катушки от корпуса и межсекционной изоляции применяют различные миканиты, стеклотекстолиты и электронит. Изоляцию набирают из не-

скольких слоев различной толщины в зависимости от места установки и типа электромагнита.

В электромагнитах последних выпусков применяют стеклотекстолит марки СТЭФ (ГОСТ 12652-67), а для заполнителя (дополнительной изоляции) — электронит (ТУ № 38-5-522-69). Однако следует заметить, что применение электронита даже как заполнителя для электромагнитов, работающих согласно ГОСТ 10130-62 по классу нагревостойкости F, нежелательно, так как от воздействия высокой температуры он становится хрупким, усыхает, ломается и тем самым нарушает плотность укладки секций, что в конечном счете уменьшает срок работы электромагнита.

В связи с тем что в круглых электромагнитах последних лет выпуска применены более совершенные конструктивные и технологические решения в части герметизации и закрепления катушек, использованы более электрически и механически прочные и теплостойкие электроизоляционные материалы и их долговечность и надежность значительно выше, чем у электромагнитов прошлых лет выпуска, при ремонте электромагниты следует по возможности модернизировать — максимально приблизить по конструкции к современным.

Из прямоугольных электромагнитов подвергается конструктивному изменению только электромагнит типа ПМ-20, его катушку заключают в капсулу.

Так как модернизация электромагнитов должна идти по пути их приближения к современным конструкциям, то изложение последующего материала начинается с описания современных электромагнитов.

4. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ И ПУТИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ

Электромагниты типа М-42Б рассчитаны на подъем стальной болванки или плиты массой до 16 тс включительно (подробные данные о грузоподъемности некоторых электромагнитов в зависимости от характера поднимаемого груза приведены в табл. 4), находятся в серийном производстве с 1963 г. Они имеют бескаркасно-капсульное крепление катушки в корпусе с герметизацией шунтирующей шайбой объема, занятого катушкой. Заливочной электроизоляционной массой является эпоксидный компаунд.

Таблица 4

Тип электромагнита	Количество электромагнитов, работающих на одном кране	Вид груза	Размер груза, мм	Поднимаемое количество, шт,	Масса груза, кг	
					штучная	общая
М-42Б, М-42	1	Изложницы	—	1	До 12 500	12 500
	1	Стальные пробки для изложниц	∅ 330, высота 100	до 16	64	1 000
	1	Лист	60×2 000×6 000	1	5 650	5 650
	2	Листы	5×1 400×4 500	11	250	2 750
	2	„	12×1 800×7 300	3	1 250	3 750
	2	„	26×1 250×7 400	до 3	1 900	5 700
	4	„	6×1 300×12 000	8	750	6 000
	4	„	8×1 600×12 000	5	1 200	6 000
	4	„	10×1 950×12 000	4	1 850	7 400
	4	„	12×2 500×12 000	3	2 850	8 500
М-62Б, М-62	1	Обрезки блюмов с температурой 120 °С	Примерно 90×110×230	до 12	—	2 000
	1	Обрезки рельсов	Мелкие	—	—	800
	1	Рулоны стали с температурой 300 °С	—	4	2 500	10 000
	1	Прессованные пакеты	—	3	1 000	3 000
ПМ-15	1	Лист	6×1 000×1 750	8	85	680
	1	„	6×1 400×4 200	4	280	1 120
	1	„	14×1 000×6 000	2	650	1 320
	1	„	100×1 000×4 000	1	3 200	3 200
	1	Квадрат	450×450×4 500	1	7 200	7 200
ПМ-25А, ПМ-25	1	Блюмы с температурой 200 °С	300×300×4 500	4	3 200	12 800
	1	Блюмы с температурой 200 °С	270×270×4 500	5	2 700	13 500
	1	Слябы	108×1 010×4 200	3	3 600	10 800
	1	„	112×760×4 200	5	2 800	14 000
	2	Рельсы Р-50	Длина 12 500	10	625	6 250
	2	Рельсы Р-65	Длина 12 500	9	813	7 300
	2	Рельсы Р-75	Длина 12 500	7	938	6 575
	2	Листы	7×1 800×7 000	10	700	7 000
	2	Квадраты	65×65×6 000	21	200	4 200
	4	Рельсы Р-50 с температурой 500 °С	Длина 25 000	10	1 250	12 500
	4	Рельсы Р-65 с температурой 500 °С	Длина 25 000	9	1 625	14 600
	4	Рельсы Р-75 с температурой 500 °С	Длина 25 000	7	1 875	13 150

Конструкция электромагнита М-42Б представлена на рис. 7. Оба полюсных наконечника прикреплены к корпусу электродуговой сваркой. Наконечник внутреннего полюса имеет удлиненную форму, проходит через центральное отверстие в корпусе и приварен к нему сверху. Защитная антимагнитная шайба плоская толщиной 25 мм.

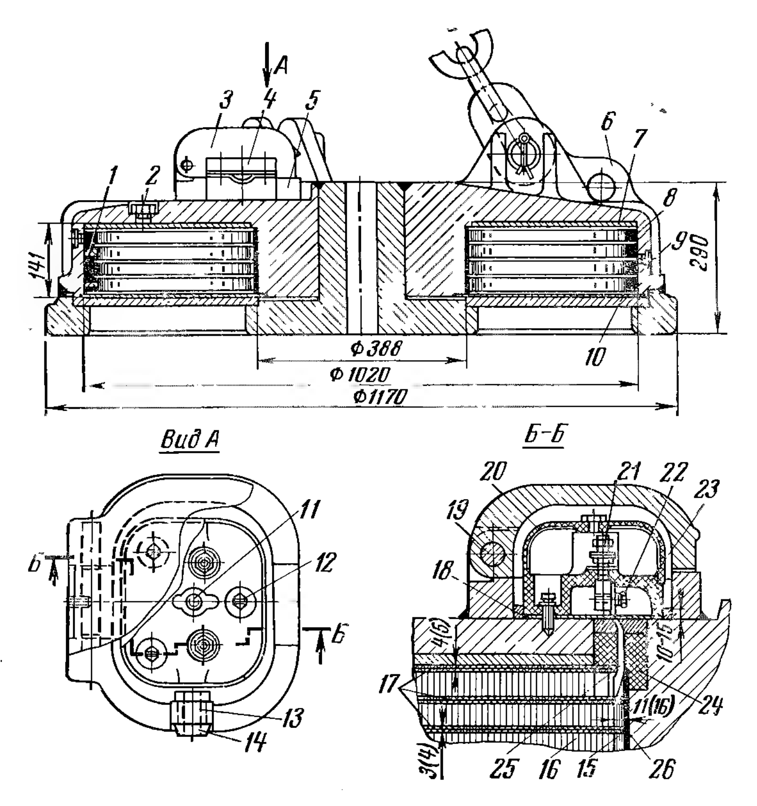


Рис. 7. Электромагнит типа М-42Б (размеры в скобках относятся к модернизированному электромагниту).

Каждая пара проушин имеет прилив *6* с отверстием для крепления строп при разборке и сборке электромагнита.

Коробка выводов выполнена общей для обоих выводов катушки и состоит из основания *5*, приваренного к корпусу, втулки *13*, приваренной к основанию, и крышки *3*. Крышка с основанием соединена осью *19*. Внутри

стальной коробки выводов находятся панель *23* и крышка *20*, выполненные из электроизоляционного материала асбодина — электронитовой массы (ТУ МХП 4109-53). Ранее эти детали выполнялись из прессовочного материала АГ-4В (ГОСТ 10087-62). Панель через прокладку *18* из теплостойкой мягкой резины марки ЗМБ-Б-М (ГОСТ 7338-65) крепится тремя болтами *12* к корпусу электромагнита, а изоляционная крышка крепится к панели центральным болтом *11*. В панели укреплены две шпильки *21*. Выводы *25* катушки крепятся болтом *22* к этим шпилькам снизу. Сверху же к шпилькам подсоединен токоподводящий кабель (на рис. 7 не показан), который выходит из коробки выводов через резиновую втулку *14*. Кабель закреплен клицей *4*. Катушка *16* состоит из четырех секций, намотанных из медной ленты.

Выводы выполнены из многожильного медного провода с теплостойкой изоляцией марки РКГМ (ТУ16-505-035-67) сечением 25 мм^2 и отходят от внутреннего витка крайних секций катушки. Следует отметить, что на выполнение выводов из провода РКГМ завод-изготовитель перешел в последние годы. До этого применялся провод ПЩ, сечением 6 мм^2 в четыре параллели, изолированный полисилоксановой трубкой. В коробку выводов каждый вывод проходит через круглую втулку *24* из асбодина (ТУ МХП 4109-53). Для предотвращения попадания влаги эти втулки сверху залиты специальным компаундом (заливочный компаунд для коробки выводов). С этой же целью между панелью *23* и стальной коробкой также залит этот компаунд. Высота заливки 10—15 мм.

Сверху катушки находится так называемая отжимная шайба *7* из стали толщиной 10 мм, предназначенная для извлечения (выдавливания) катушки вместе с отвердевшим эпоксидным компаундом *8* при ремонте электромагнита. Сверху корпуса симметрично расположены три нарезных отверстия, куда в этом случае вворачивают специальные отжимные болты. При эксплуатации электромагнита эти отверстия закрыты болтами-пробками *2*. Для предотвращения попадания влаги во внутрь корпуса и самооткручивания этих пробок гнезда, в которых утоплены головки пробок, замазывают шпаклевочной массой.

Отжимная шайба, вырезанная из листовой стали, не является идеально плоской и имеет волнистость поряд-

ка 10—15 мм. Перед приваркой стальной шунтирующей шайбы *10* толщиной 3 мм к корпусу содержимое электромагнита с большим усилием вдавливают в корпус специальными струбцинами, благодаря чему отжимная шайба в значительной степени выпрямляется. После приварки шунтирующей шайбы отжимная шайба оказывает давление на катушку, являясь своеобразным пружинящим устройством. Наряду с заливкой электромагнита компаундом это обеспечивает неподвижность секции и тем самым предотвращает возможность истирания изоляции.

Внутренний полюс изолирован стеклотекстолитом *26* марки СТЭФ толщиной 0,5 мм в два слоя. Изоляция *17* катушки от отжимной шайбы между секциями и от шунтирующей шайбы выполнена стеклотекстолитом СТЭФ толщиной 1,5 мм и электронитом. Для более рационального раскроя материала изоляцию выполняют секторами, укладывая их с перекроем в 70 мм. Выравнивание стыков производят секторами из электронита с тем, чтобы общая толщина изоляции между секциями составила 3 мм, а между катушкой и шайбами *7* и *10*— не менее 4 мм.

Для плотного заполнения корпуса электромагнита по высоте перед шунтирующей шайбой укладывают дополнительные электронитовые прокладки, толщину которых определяют по месту.

В секторах межсекционной изоляции предусмотрены по наружному диаметру пазы для свободного проникновения компаунда при заливке электромагнита.

Внутренний диаметр секций на 20 мм больше диаметра изолированного полюса, что необходимо для размещения выводов, отходящих от секций. Кольцевой зазор между секцией и полюсом плотно заполнен полосками из стеклотекстолита *15*.

Каждая секция симметрично расклинена на окружности восемью сухарями *1* толщиной 20 мм, вырезанными из асбоцементной доски. Последняя хорошо обрабатывается, что позволяет при укладке секции легко выполнить по месту сухарь необходимой толщины. Для обеспечения свободного проникновения компаунда сухари каждой секции сдвигают относительно друг друга. Заливку компаунда производят через два специальных отверстия, расположенных диаметрально по бокам корпуса. При эксплуатации электромагнита эти отверстия

закрывают пробками *9*, которые после установки на место приваривают электросваркой.

Выводы из провода ПЩ-6 мм² плохо зарекомендовали себя в работе, поэтому при ремонте электромагнитов М-42Б этот провод заменяют проводом РКГМ. Провода следует присоединить непосредственно к концу последнего витка четвертой секции катушки, а не к промежуточному выводу, как это было при выводах, выполненных проводом ПЩ-6 мм². Кроме того, следует отказаться от электронита, заменить его полностью стеклотекстолитом, как указывалось выше.

При модернизации электромагнитов всех типов для повышения эксплуатационной надежности и унификации способа изолировки внутренний полюс изолируют стекломиканитом общей толщиной 1,5 мм на сторону. Изоляцию секций катушки от корпуса и секций между собой выполняют стеклотекстолитом СТЭФ и асбестовой бумагой. Общая толщина изоляции между секциями 4 мм, между секциями и корпусом 5 мм.

Из-за имевших место повреждений — электрического пробоя изоляции катушек и выводов на внутренний полюс кольцевой зазор между полюсом и катушкой рекомендуется увеличить до 15—16 мм. Для этого от внутреннего диаметра секции отматывают пять-шесть витков. Зазор плотно забивают полосками стеклотекстолита. Кроме того, первые два-три витка каждой секции следует изолировать стекломикалентой вполнахлеста.

По этой же причине следует улучшить изоляцию катушки от наружного полюса. Это достигается установкой по его окружности прокладки из стеклотекстолита толщиной 1 мм. Такую прокладку устанавливают только в электромагнитах средней группы, так как по сравнению с электромагнитами тяжелой группы у них зазор между голой медью катушки и корпусом в 2 раза меньше.

Электромагниты М-62Б рассчитаны на подъем стальной болванки или плиты массой в 20 т, находятся в серийном производстве с 1964 г. Так же как и электромагниты М-42Б имеют бескаркасное и бескапсульное крепление катушки в корпусе и так же заполняются эпоксидным компаундом.

От электромагнита М-42Б отличаются размерами и некоторыми конструктивными различиями (рис. 8). Наконечник внутреннего полюса крепится к корпусу

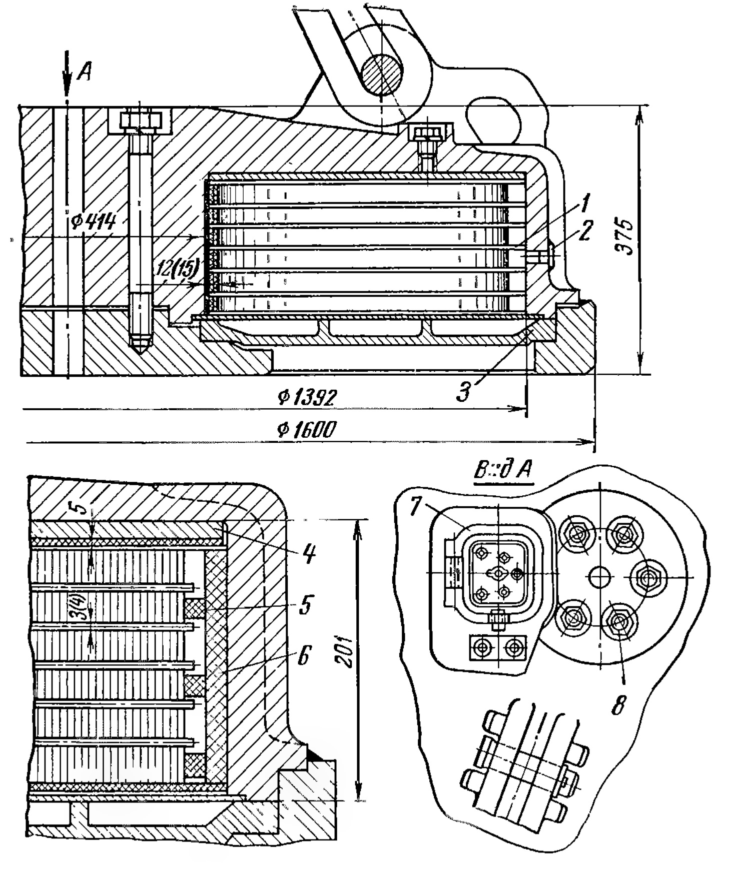


Рис. 8. Электромагнит типа М-62Б (размеры в скобках относятся к модернизированному электромагниту).

пятью шпильками *8*. Защитная антимагнитная шайба *3* выполнена фигурной.

Наличие карманов, заполненных асбестом, между этой плитой и шунтирующей шайбой в какой-то мере предохраняет катушку от чрезмерного нагрева при транспортировке горячих грузов. Коробка выводов *7* такая же, как и у магнита М-42Б.

Катушка *1* состоит из шести секций, намотанных из медной ленты. Марка и сечение выводного провода РКГМ 50 мм^2. Для выдавливания катушек с помощью десятимиллиметровой отжимной стальной шайбы *4* в кор-

пусе предусмотрены шесть гнезд с нарезными отверстиями для отжимных болтов.

Материал изоляции катушки аналогичен материалу изоляции катушки электромагнита М-42Б. Общая толщина изоляции катушки от отжимной и шунтирующей шайб 5 мм, а между секциями 3 мм. Полюс изолирован так же, как в электромагните М-42Б.

Размер щели между изолированными полюсом и внутренним диаметром катушки 12 мм.

По наружному диаметру каждая секция расклинена десятью сухарями *5*, но последние прилегают не к корпусу, а к специальным планкам *6*, установленным по окружности в количестве 20 шт. Толщина сухарей 20 мм, планок — 15 мм. Изготовляются они из асбоцементной доски. Установка планок необходима, так как щель между катушкой и корпусом для лучшего проникновения компаунда составляет 35 мм и установкой одного толстого сухаря трудно было бы добиться надежной расклиновки секции.

У каждой планки установлено по высоте три сухаря, что способствует беспрепятственному проникновению компаунда во все пустоты в корпусе.

Заливку компаунда производят через боковые отверстия, которые затем закрывают стальными пробками *2*.

Так же как и в электромагните М-42Б, первоначально для выводов применялся провод ПЩ-6, соединенный в шесть параллелей и изолированный полисилоксановой трубкой. При ремонте выводы изготовляют из провода РКГМ.

Зазор между внутренним полюсом и катушкой при ремонте увеличивают с 12 до 15—16 мм. Для этого от каждой секции отматывают два-три витка; электронит заменяют на стеклотекстолит марки СТЭФ.

Электромагниты типа М-41 грузоподъемностью 16 тс являются первыми электромагнитами, освоенными нашей электропромышленностью. В 1960 г. они были заменены электромагнитами типа М-42, равными по грузоподъемности, но более совершенной конструкции.

Промышленностью выпущено несколько тысяч электромагнитов М-41, значительное количество которых находится в эксплуатации в настоящее время.

Электромагнит (рис. 9) имеет каркасное крепление катушки в корпусе. Заливочной электроизоляционной мас-

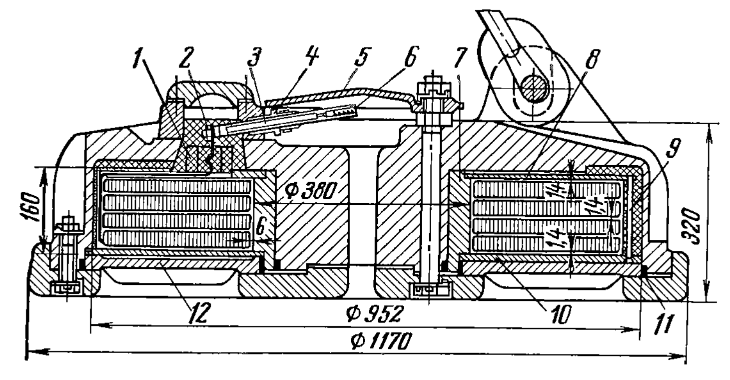


Рис. 9. Электромагнит типа М-41 до модернизации.

сой является битумный компаунд. Корпус электромагнита для лучшего охлаждения и большей жесткости выполнен ребристым. В конструкциях электромагнитов последующих выпусков от этих ребер отказались, так как улучшение теплоотдачи незначительное, а усложнение с отливкой очевидно. Жесткость же корпуса достаточна и без ребер.

Полюсные наконечники прикреплены к корпусу болтами: наконечник внутреннего полюса — тремя длинными болтами М30, проходящими через весь полюс, наконечник наружного полюса — короткими болтами М22. Выводы катушки отходят от наружных витков крайних секций. Каждый вывод катушки имеет самостоятельную, приваренную к корпусу, стальную выводную коробку, которая закрыта сверху стальной крышкой. Крышку крепят к коробке четырьмя болтами. Коробка имеет сбоку отверстие с резьбой, куда вставлена специальная токопроводящая латунная шпилька *3* с напрессованной на нее изоляцией.

Гайка *4* крепит шпильку в коробке выводов. С наружного конца в шпильку впаян провод *6* марки ПМУ6 сечением 6 мм^2, защищенный резиновой трубкой и прижатый двумя скобами к корпусу магнита. К внутреннему концу шпильки подходит и крепится к нему гайкой *2* вывод от катушки. Токоподводящие провода защищены сверху стальной крышкой *5*.

Катушка состоит из четырех секций, намотанных медной лентой. Каждый вывод собран из восьми отрезков медной ленты ПММ 0,1×20 мм. Секция стянута по

наружному диаметру бандажом из десяти витков стальной проволоки диаметром 1 мм.

Каркасное крепление катушки выполнено следующим образом: секции собирают в катушку отдельно от корпуса электромагнита на центральную стальную изолированную втулку *7*, к которой прикреплена шестью винтами М6 стальная шайба *8* толщиной 8 мм, обращенная во внутрь корпуса. В этой шайбе для каждого вывода предусмотрен специальный радиальный паз, заканчивающийся изоляционной втулкой *1*, через которую в коробку выводов проходит вывод от катушки. Соединенные между собой последовательно секции накрывают алюминиевой шайбой *10* толщиной 17 мм, которая также крепится к втулке *7* шестью винтами М6. По наружному диаметру стальная и алюминиевая шайбы плотно стянуты шестью винтами М10 (поз. *9*), образруя каркас катушки.

Втулка *7* изолирована тремя слоями гибкого миканита общей толщиной на сторону 1,5 мм, а между секциями и между шайбами и секциями установлена изоляция из миканита и асбестовой бумаги общей толщиной 1,4 мм.

Выводы катушки изолированы микалентой и асболентой. Собранная в каркас катушка помещена в корпус электромагнита так, чтобы выступы в стальной шайбе по ее наружному диаметру в месте установки стяжных винтов *9* вошли в соответствующие выемки наружного полюса. Благодаря этим выемкам каркас катушки ограничен в перемещениях. Каркас закрыт антимагнитной стальной плитой *12*. Для повышения ее жесткости и улучшения теплоотвода она выполнена с ребрами. Толщина плиты без ребер 21 мм.

Чтобы уменьшить попадание влаги в корпус электромагнита и предотвратить вытекание компаунда, зазор между антимагнитной плитой и полюсами и между втулкой и внутренним полюсом заполнен асбестовой набивкой *11*.

Битумный компаунд заливают в корпус магнита через коробки выводов. По специальным каналам в дне корпуса, отходящим от коробок выводов к стенке наружного полюса, компаунд беспрепятственно заполняет имеющиеся пустоты. О недостатках электромагнитов, залитых битумной электроизоляционной массой говорилось выше. Кроме того, в миканите, применяемом для

межсекционной изоляции, с течением времени от высокой температуры стареет и разрушается лак, склеивающий отдельные лепестки слюды, миканит становится гигроскопичным, значительно снижается его электрическая и механическая прочность. Возможность его повторного использования при ремонте исключена.

В связи с этим, а также для технологичности сборки катушки электромагнит при ремонте модернизируют: полностью герметизируют объем, занятый обмоткой; заменяют межсекционную миканитовую изоляцию более

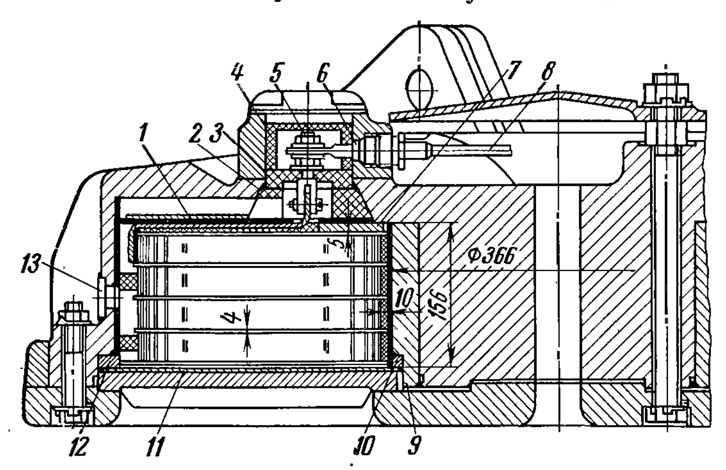


Рис. 10. Модернизированный электромагнит типа М-41.

теплостойкой, влагостойкой и дешевой — из стеклотекстолита марки СТЭФ; увеличивают расстояние между токоведущими частями, а также между токоведущими частями и корпусом; применяют термореактивную электроизоляционную заливочную массу — эпоксидный компаунд.

На рис. 10 показан электромагнит М-41 после реконструкции. Крепление катушки в корпусе переводят на бескаркасное: стальную шайбу *7* сохраняют, но она выполняет роль отжимной шайбы. Для этого ее внутренний диаметр растачивают до 380 мм, чтобы между ней и изолированной втулкой *9* был зазор 5 мм. Центральную стальную втулку *9* обтачивают по наружному диаметру до 366 мм, вставляют в корпус и приваривают к нему; таким образом, центральная втулка перестает быть съемной.

Алюминиевую шайбу каркаса не устанавливают; место ее опоры по наружному диаметру заполняют специальными, привариваемыми к корпусу стальными кольцами *10* и *12* высотой 13 мм и шунтирующей стальной шайбой *11* толщиной 3 мм, которую после укладки катушки тоже приваривают к корпусу по наружному и внутреннему диаметрам водонепроницаемым швом.

При реконструкции катушку укладывают в корпус посекционно, как в электромагните М-42Б, и аналогично изолируют и укрепляют ее. Увеличение толщины изоляции секций становится возможным благодаря тому, что алюминиевую шайбу не устанавливают.

В заводском исполнении электромагнита, при каркасном креплении катушки зазор между секцией и наружным полюсом составлял 15 мм. При реконструкции, с целью лучшей расклиновки катушки этот зазор увеличивают до 20 мм, для чего от наружного диаметра каждой секции отматывают по восемь витков. Для сохранения электрических параметров во внутрь секции доматывают пять витков. Так как при уменьшении числа витков соответственно увеличивается ток, проходящий через катушку, то намагничивающая сила, а следовательно, грузоподъемность катушки практически сохраняются. Также можно пренебречь очень незначительным увеличением тепловых потерь в самой катушке. В результате отмотки наружных и домотки внутренних витков диаметры секций изменяются: наружный диаемтр 922 мм уменьшается до 912 мм, а внутренний 392 мм — до 386 мм. Зазор между внутренним полюсом и секцией, составлявший в заводском исполнении 6 мм, недостаточен, при неблагоприятных условиях это приводит к пробою изоляции катушки на корпус. При реконструкции зазор увеличивают до 10 мм путем проточки втулки *9*. С учетом уменьшения внутреннего диаметра секции из-за домотки витков втулку приходится протачивать на 7 мм на сторону.

В связи с тем что положение выводных коробок изменить невозможно, выводы от катушки сохраняют отходящими от наружного диаметра, но сами выводы реконструируют; вместо набранных отрезков из медной ленты к катушке припаивают твердым припоем марки ПСр-45 многожильный провод *1* марки РКГМ сечением 25 мм².

Узел соединения вывода с токоподводящим кабелем *8*, выполненный также проводом РКГМ, изменяют: внутри коробки устанавливают шпильку *5*, к которой снизу подсоединяют вывод от катушки, а сверху — кабель, входящий в коробку выводов через специальную текстолитовую изоляционную трубку *6*. В коробку выводов устанавливают текстолитовую коническую втулку *2*, служащую опорой для втулки *3* со шпилькой *5* и стакана *4*, закрывающего шпильку сверху.

Для отжимной шайбы сверху корпуса нарезают три отверстия М24, куда при ремонте ввертывают специальные отжимные болты, как в магните М-42Б. Отверстия при работе магнита закрывают пробками.

Заливку компаунда производят через два высверленных для этой цели отверстия, расположенных друг против друга сбоку корпуса. После заливки эти отверстия закрывают пробками *13* и проваривают электросваркой.

Электромагниты типа М-61 грузоподъемностью 30 тс (тяжелая группа), так же как электромагниты М-41, относятся к старым типам. Выпускались они сравнительно недолго, с 1957 по 1960 г., и были заменены другими более совершенными типа М-62. Несмотря на то что электромагнитов М-61 выпущено в несколько раз меньше, чем электромагнитов М-41, они продолжают находиться в эксплуатации и необходимость их ремонта сохраняется.

Электромагнит имеет каркасное крепление катушки в корпусе и заливается электроизоляционной массой № 96. Конструкция электромагнита М-61 показана на рис. 11. Его корпус имеет ребристую поверхность только сверху. Наконечник внутреннего полюса *5* крепится к корпусу шестью шпильками *6* с резьбой М36, а наконечник наружного полюса *8*—20 болтами *9* с резьбой М24.

Антимагнитная шайба *7* фигурная, с полостями (карманами), заполненными асбестовой набивкой. Каждый вывод от катушки имеет свою выводную коробку, куда входит специальная шпилька *2*, соединяющая выводы от катушки с токоподводящим кабелем *3* марки ПМУ 10 мм^2. Характерной особенностью конструкции этого электромагнита является то, что наконечник *8* наружного полюса удлинен и составляет около $^2/_3$ высоты всей боковой поверхности электромагнита, что создает определенное удобство при укладке каркаса.

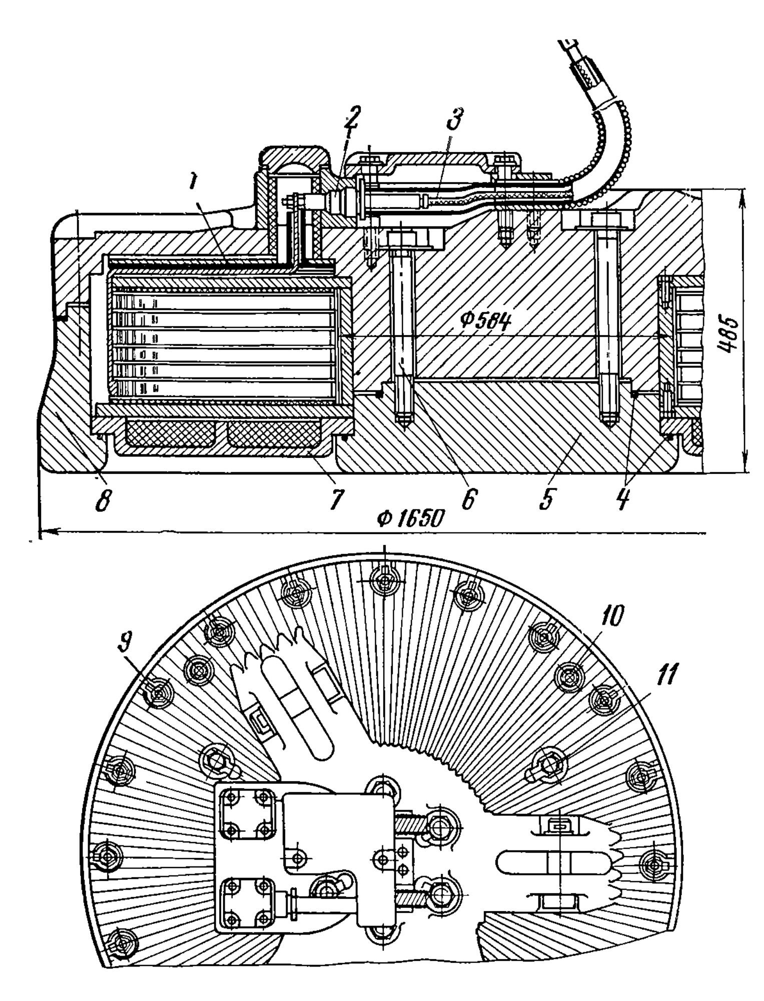


Рис. 11. Электромагнит типа М-61 до модернизации.

Катушка состоит из шести секций, каждая секция намотана медной лентой. Выводы *1* отходят от наружных витков крайних секций. Каждый вывод собран из 20 отрезков медной ленты ПММ 0,1×20 мм и изолирован от каркаса и корпуса миканитовыми прокладками.

Каркас катушки (рис. 12) принципиально аналогичен каркасу электромагнита М-41. Некоторое отличие заключается в том, что верхняя стальная *1* и нижняя алюми-

ниевая *9* шайбы каркаса стянуты между собой винтами *4* через специальные планки *5*. Таких планок десять, они имеют ширину 90 мм и расположены равномерно по окружности.

Секции катушки не бандажированы стальной проволокой, как в электромагните М-41, а уплотнены набранными из миканита прокладками *6* общей толщиной 15 мм, которые вставлены между секциями и планками *5*.

К верхней шайбе *1* каркаса приварены три втулки (бобышки) *2* с нарезными отверстиями, расположенными по среднему диаметру шайбы на равном расстоянии друг от друга. С их помощью каркас крепится в корпусе электромагнита тремя болтами М36 (поз. *11* на рис. 11). Для этих болтов в корпусе предусмотрены сквозные отверстия.

Втулка *12* (рис. 12) изолирована миканитом *11* с оклейкой асбобумагой общей толщиной 5 мм. Межсекционная изоляция *8* тоже из миканита толщиной 5 мм. Изоляция *7* катушки от металлических шайб состоит из миканита 3,5 мм и асбоцементных дисков *3* толщиной 6 мм. По внутреннему диаметру секции уплотнены миканитовыми прокладками *10* толщиной 7—8 мм. Герметизация электромагнита достигается уплотнением зазоров асбестовой набивкой *4* (рис. 11).

Электромагнит М-61 имеет те же конструктивные недостатки, что и электромагнит М-41, а поэтому его модернизация при очередном ремонте также должна идти по пути максимального приближения к конструкции магнита М-62Б, т. е. к посекционной укладке катушки в корпус с герметизацией ее специальной шунтирующей шайбой.

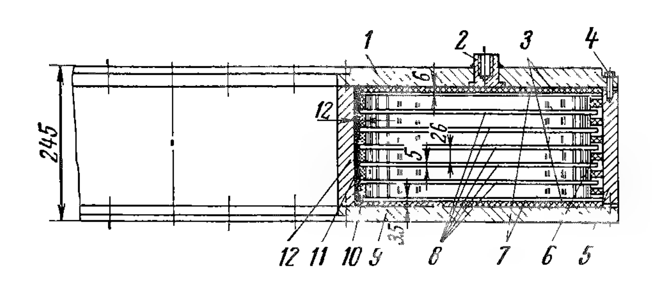


Рис. 12. Расположение катушки в каркасе электромагнита М-61.

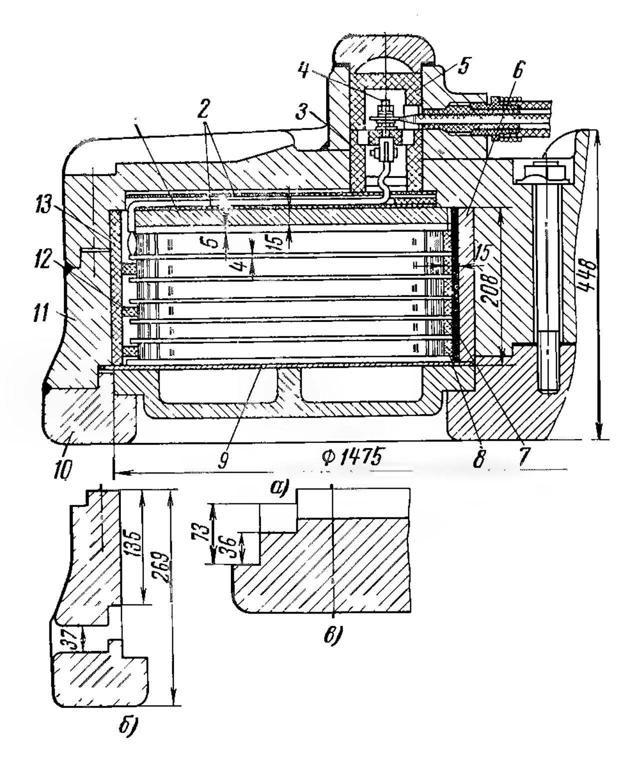


Рис. 13. Модернизированный электромагнит М-61.
а — общий вид; *б* — обработка наконечника наружного полюса; *в* — обработка наконечника внутреннего полюса.

Вид модернизированного электромагнита М-61 представлен на рис. 13. Каркасное крепление катушки ликвидируют. Верхнюю шайбу *1* каркаса используют в качестве отжимной, уменьшив ее толщину с 20 до 15 мм. Для свободного прохода этой шайбы по изоляции *7* втулки *6* каркаса, которую также сохраняют, внутренний диаметр шайбы растачивают до 600 мм (до реконструкции этот размер составлял 540 мм). Этим обеспечивается между шайбой *1* и изолированной втулкой *6* зазор 6 мм.

Для посекционной укладки катушки в корпус его удлиняют. Это достигается за счет реконструкции наружного наконечника полюса (рис. 13,*б*); от последнего отрезают нижнюю часть, которая становится наконеч-

ником полюса *10*, а верхнюю оставшуюся часть наконечника *11* приболчивают к корпусу и после этого для лучшей герметизации проваривают электросваркой.

В связи с тем что нижнюю шайбу каркаса толщиной 20 мм и асбоцементные доски удаляют и толщину изоляции секций от корпуса и между собой изменяют, по высоте корпуса образуется свободное место в 37 мм. На этот размер уменьшают наконечники наружного и внутреннего полюсов (рис. 13,*б* и *в*).

Резьбовые отверстия под шпильки, крепящие наконечник внутреннего полюса, углубляют на 40 мм. Зазор между внутренним диаметром секций и изолированной втулкой увеличивают с 12 до 15 мм, для чего с внутреннего диаметра каждой секции отматывают два-три витка. Этот зазор после установки каждой секции заполняют прокладками *8* из стеклотекстолита.

По наружному диаметру катушки, как и в электромагните М-62Б, устанавливают 20 вертикальных планок *13*, вырезанных из асбоцементной доски. Между ними и секцией забивают сухари *12*. Толщина планки 20 мм, сухарей 20—25 мм. Около каждой планки забивают по три сухаря. Толщина стальной шунтирующей шайбы *9*, привариваемой к корпусу по внутреннему и наружному диаметрам составляет 3 мм. Выводы, выполненные из медной ленты, заменяют на провода РКГМ сечением 50 мм^2, которые от катушки до токоподводящей шпильки проходят в специальной стеклотекстолитовой коробке *2*. Узел соединения кабеля реконструируют: кабель заменяют на провод РКГМ сечением 50 мм^2, токоподводящую шпильку *4* устанавливают в коробке выводов. Кабель непосредственно входит в коробку и подсоединяется к шпильке.

Шпильки укрепляют в специальной стеклотекстолитовой втулке *3* и закрывают сверху стаканом *5*, который тоже выполняют из стеклотекстолита.

Выше говорилось, что каркас катушки удерживается с помощью трех болтов *11* с резьбой М36 (рис. 11), которые, проходя через корпус, вворачиваются в бобышки *2* (рис. 12).

В связи с тем что верхняя шайба каркаса после реконструкции выполняет роль отжимной шайбы, надобность в ее креплении отпадает.

В отверстиях корпуса, через которые проходят болты *11* (рис. 11), нарезают резьбу М42 и при ремонте в них

вворачивают отжимные болты, которые, упираясь в бобышки, выталкивают катушку.

Резьбовые отверстия в бобышках рассверливают до диаметра 45 мм. При эксплуатации электромагнита отверстие в корпусе закрывают резьбовыми пробками. Для заливки в корпус эпоксидного компаунда используют четыре отверстия сверху корпуса, которые закрывают пробками *10* (рис. 11).

Электромагниты типа М-42 выпускались с 1960 по 1963 г. Крепление катушки в электромагните — капсульное, заливка ее производилась в начале выпуска электромагнитов массой № 96, затем эпоксидным компаундом.

Электромагниты рассчитаны на подъем стальной болванки или плиты массой 16 т, в эксплуатации они находятся в большом количестве.

По внешнему виду (рис. 14) они незначительно отличаются от современных выпускаемых в настоящее время электромагнитов М-42Б: почти те же размеры и форма корпуса и то же крепление полюсных наконечников— электросваркой. Одинаковыми с электромагнитами М-42Б являются коробка выводов и секции катушки.

Крепление катушки в капсуле показано на рис. 14,*б*. Капсула состоит из стальной центральной втулки *2*, стальной шайбы *5* толщиной 6 мм и стальной боковой стенки *9* толщиной 3 мм. В образовавшийся каркас посекционно уложена катушка.

Катушка закрыта стальной шунтирующей шайбой *10* толщиной 3 мм, которая приварена водонепроницаемым швом к центральной втулке и к боковой стенке, образуя, таким образом, замкнутую оболочку — капсулу.

Шунтирующая шайба имеет по наружному диаметру кольцевой выступ. Последний после установки капсулы в корпус приваривают к наружному полюсу, чем обеспечивают жесткость крепления капсулы в корпусе. Для этого же к внутреннему полюсу приварена втулка *2*.

В шайбе *5* имеются два отверстия, в которые вставлены изоляционные выводные втулки *4*, выполненные из прессовочного материала АГ-4В. Выводы *3* составлены из десяти полос медной ленты сечением 0,1×25 мм и отходят от внутренних витков секций.

Изоляция от стальной шайбы и между секциями выполнена из стеклотекстолита марки СТ толщиной 1,5 мм (ГОСТ 12652-67) и электронита. Изоляция *12* втулки *2*

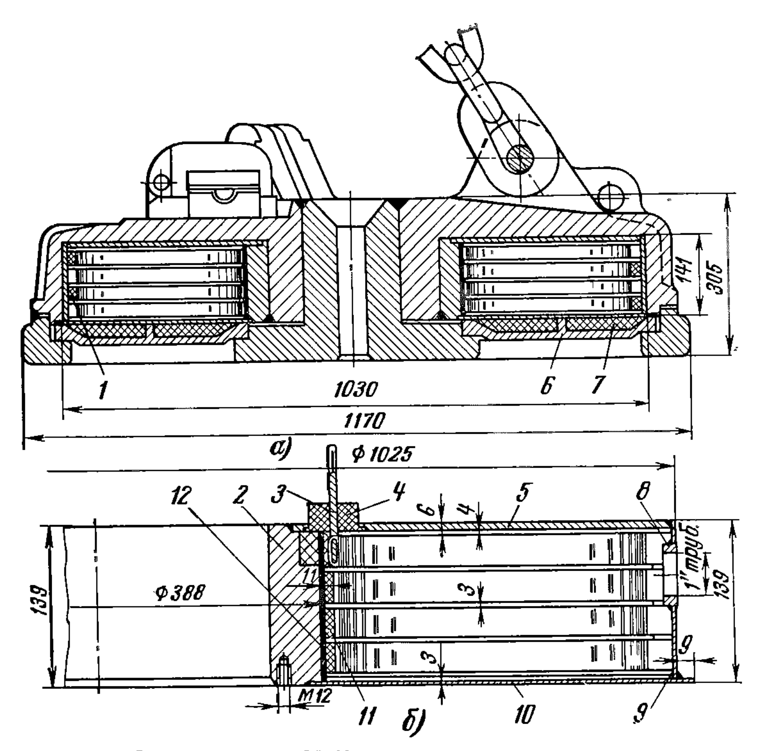


Рис. 14. Электромагнит М-42.
а — общий вид; *б* — расположение катушки в капсуле.

выполнена из стеклотекстолита СТ толщиной 1,5 мм. Полосками *11* из этого же материала забит кольцевой зазор между втулкой *2* и секциями катушки.

По наружному диаметру секции расклинены сухарями *1* (рис. 14,*а*), которые выполнены из асбоцементной доски; по окружности установлено восемь таких сухарей толщиной 19—20 мм.

В боковую стенку капсулы вварены друг против друга два гнезда *8* с резьбой (рис. 14,*б*). Через их отверстия, после приварки шунтирующей шайбы, заливают электроизоляционную массу; после заливки отверстия закрывают резьбовыми пробками.

В центральной втулке *2* имеются четыре симметрично расположенных резьбовых отверстий М12, в которые при ремонте электромагнита ввoрачивают специальные болты; с их помощью капсулу извлекают из корпуса.

Капсула закрыта фигурной защитной антимагнитной плитой *6*. Карманы плиты заполнены асбестом *7*. Плита закреплена полюсными наконечниками.

При модернизации электромагнита от капсулы остается только втулка *2*, которую приваривают к внутреннему полюсу. Втулка перестает быть съемной. Шайбу *5* отрезают от втулки, и она выполняет теперь роль отжимной шайбы. Для этого сверху корпуса электромагнита выполняют три резьбовых отверстия, как в электромагните М-42Б.

В корпусе высверливают два отверстия для заливки эпоксидного компаунда (см. рис. 7). Выводы выполняют проводом РКГМ сечением 25 мм^2. Кольцевой зазор между втулкой и внутренним диаметром увеличивают с 11 до 15—16 мм, для чего внутри каждой секции отматывают по семь витков.

В связи с тем что боковая стенка капсулы убирается, толщина сухарей, расклинивающих секции по наружному диаметру, увеличивается до 25 мм.

Технология укладки, изолировки и герметизации катушки такая же, как для электромагнита М-42Б.

Электромагниты типа М-62 (рис. 15) выпускались с 1960 г. , относятся к электромагнитам с капсульным креплением катушки в корпусе. Его корпус имеет много общего с корпусом электромагнита М-61: такой же удлиненный наконечник *6* наружного полюса, то же крепление

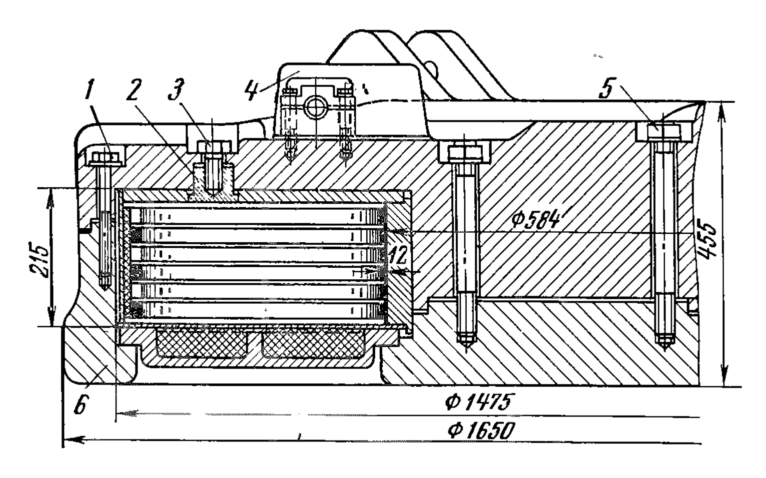


Рис. 15. Электромагнит М-62 до модернизации.

наконечников к корпусу (наружного на болтах *1*, внутреннего на шпильках *5*).

В отличие от электромагнита М-61 электромагнит М-62 имеет для обоих выводов одну стальную коробку *4*. Доступ в коробку выводов осуществляется через четыре отверстия, закрытых стальными пробками на резьбе. Коробка разделена на две камеры. В одной к токоподводящим шпилькам подсоединен кабель, а в другой, соединенной с внутренней полостью электромагнита, к шпилькам *6* (рис. 16, *в*) подсоединяют выводы *5* от катушки.

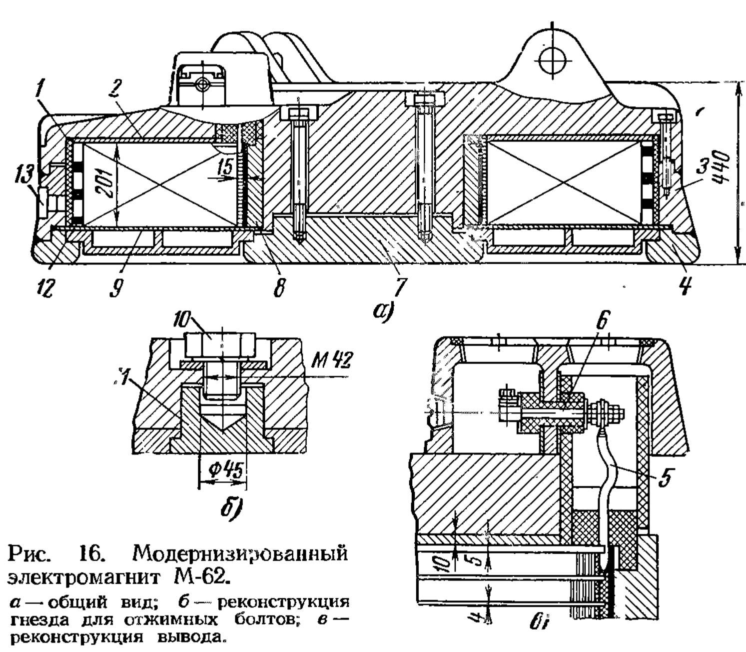


Рис. 16. Модернизированный электромагнит М-62.

а — общий вид; *б* — реконструкция гнезда для отжимных болтов; *в* — реконструкция вывода.

Капсула по конструкции аналогична капсуле электромагнита М-42, но соответственно больших размеров и содержит катушку из шести секций. Крепление же капсулы в корпусе производится не на сварке, как в электромагните М-42, а тремя болтами *3* (рис. 15) подобно тому, как крепится каркас с катушкой в электромагните М-61. Для этого капсула сверху имеет три бобышки *2* с резьбовыми отверстиями. Каждый вывод выполнен из 16 полос медной ленты размерами 0,1×25 мм. Выводы отходят от внутреннего витка крайних секций. Капсула залита электроизоляционной массой № 96.

На рис. 16,*а* показан общий вид модернизированного электромагнита М-62. Направление реконструкции его узлов то же, что и в электромагните М-61, но имеет свои особенности. Отжимную шайбу *2* выполняют из верхней шайбы капсулы, отрезаемой от втулки *8*, но ее утончают с 20 до 10 мм, а для беспрепятственного продвижения ее вдоль изолированного полюса при выдавливании катушки во время ремонта внутренний диаметр растачивают до 600 мм.

В корпусе в трех отверстиях, через которые проходили болты, удерживавшие капсулу, нарезают резьбу М42 для отжимных болтов, а в бобышках *11* отжимной шайбы рассверливают отверстия до диаметра 45 мм, как показано на рис. 16,*б*. Отверстия в корпусе закрывают болтами *10*. Полюсные наконечники *3*, *4* и *7* реконструируют, как в электромагните М-61, но укорачивают их на 14 мм.

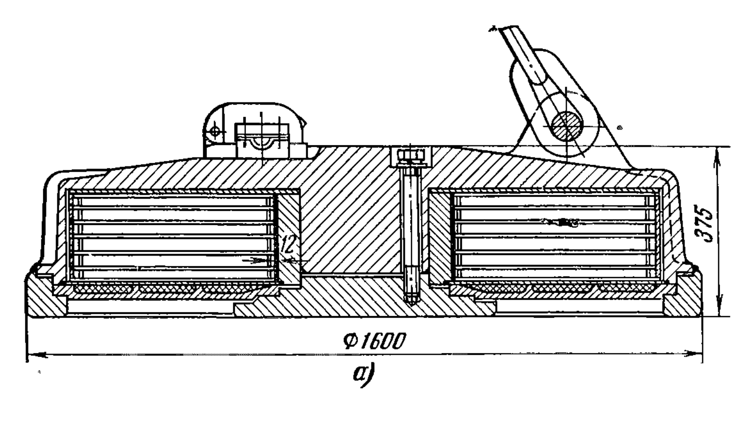
Отмоткой от внутреннего диаметра каждой секции четырех витков увеличивают зазор между полюсом и катушкой с 12 до 15 мм.

Ленточную медь выводов заменяют на провод РКГМ сечением 50 мм², крепление секций в корпусе выполняют аналогично электромагниту М-62Б, устанавливают вертикальные планки *1* и сухари *12*. Шунтирующую шайбу *9* выполняют из листовой стали толщиной 3 мм. Изоляцию секций выполняют по общепринятой при модернизации электромагнитов конструкции. Сбоку корпуса просверливают друг против друга отверстия для заливки эпоксидного компаунда. Отверстия забивают пробками *13*, пробки проваривают электросваркой.

Электромагниты типа М-62А (рис. 17) являются промежуточным вариантом по конструкции между электромагнитами типов М-62 и М-62Б. С электромагнитом типа М-62 его сближает то, что он имеет капсульное крепление катушки в корпусе, а с электромагнитом М-62Б — почти аналогичную конструкцию корпуса. Способ крепления полюсных наконечников, выводная коробка и обмоточные данные соответствуют электромагниту М-62Б.

Крепление капсулы в корпусе аналогично электромагниту М-42: капсула приварена к корпусу по внутреннему диаметру втулки и наружному диаметру шунтирующей шайбы.

В качестве заливочной электроизоляционной массы применена масса № 96 или эпоксидный компаунд.



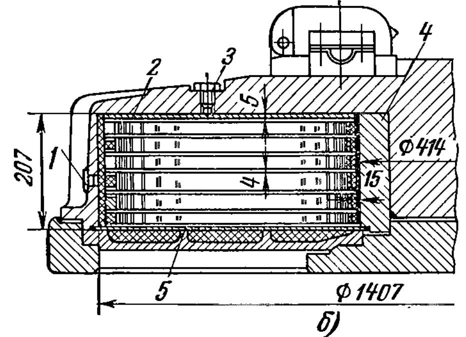


Рис. 17. Электромагнит М-62А.

а — до модернизации; *б* — после модернизации.

Выводы от катушки выполнены ленточной медью 0,1×25 мм из 16 полос.

Модернизация электромагнита не сложна. Капсульное крепление катушки ликвидируют. От капсулы остается втулка *4*, которая надевается на полюс и приваривается к нему, и верхняя шайба *2*, которая выполняет теперь роль отжимной шайбы. Для этого шайбу растачивают по внутреннему диаметру до 430 мм, что обеспечивает зазор между изолированной втулкой и шайбой в 6 мм на сторону. Катушку укладывают в корпус посекционно и закрывают трехмиллиметровой стальной шунтирующей шайбой *5*; последнюю приваривают, как в электромагните М-62Б.

Так же как и в электромагните М-62Б, выполняют реконструкцию токоподвода: его заменяют на кабель РКГМ сечением 50 мм². Сверху просверливают три отверстия с резьбой М24 для отжимных болтов и два от-

верстия $\varnothing$ 30 мм по бокам корпуса друг против друга для заливки эпоксидного компаунда.

Отверстия под отжимные болты при эксплуатации электромагнита закрывают болтами *3*, а отверстия для заливки эпоксидного компаунда—пробками *1*, приваренными к корпусу.

Крепление катушки и ее изоляции аналогичны креплению и изоляции катушки электромагнита М-62Б.

Круглые электромагниты легкой группы типов М-21, М-22, М-22Б соответственно имеют каркасное капсульное и бескаркасно-капсульное крепление катушек в корпусе. В общей сложности, начиная с 1938 г. было выпущено около 4 000 этих электромагнитов. Электромагниты прежних лет выпусков типов М-21 и М-22 встречаются в практике ремонта реже, чем электромагниты старых выпусков средней и тяжелой группы, что объясняется, во-первых, их меньшим количеством и во-вторых, тем, что они редко эксплуатируются на работах с тяжелыми условиями (транспортировка горячих грузов). Однако же в случае поступления их в ремонт они также должны быть модернизированы — приближены по конструкции к электромагниту типа М-22Б.

Основным отличием электромагнитов легкой группы от средней и тяжелой группы, помимо основных размеров, является выполнение катушки, которая состоит только из одной секции. В электромагните М-21 катушка наматывается круглым проводом, а в электромагнитах М-22 и М-22Б — прямоугольным с теплостойкой изоляцией.

На рис. 18 представлен общий вид катушки и вывода электромагнита М-22Б. Катушка *1* намотана из прямоугольного провода в 98 слоев по 26 витков в каждом слое. Со стороны выводов катушка защищена шайбами *6* из электронита толщиной 0,5 мм и асбоцементной доской *5* толщиной 6 мм, а со стороны, обратной выводам, — только одной электронитовой шайбой *6*. Вся катушка стянута стеклолентой *4* вполнахлеста. Выводы *7* отходят от внутреннего и наружного диаметров катушки. Они выполнены из провода марки РКГМ сечением 25 мм^2 и соединены с началом и концом *9* катушки медной лентой *8* размером 0,5$\times$25 мм с пропайкой припоем ПСр-45. Внутренний полюс изолирован стеклотекстолитом толщиной 0,5 мм в один слой, с перекрытием в 80 мм. Зазор в 3—4 мм между катушкой и изолированным полюсом запол-

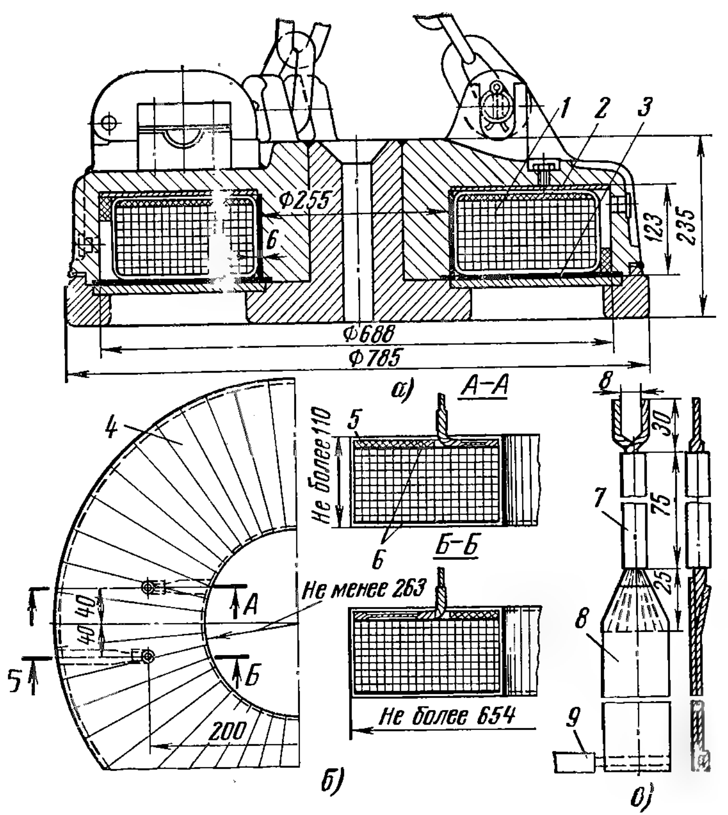


Рис. 18. Электромагнит М-22Б.
а — общий вид; *б* — катушка электромагнита; *в* — разделка выводов.

нен стеклотекстолитовыми прокладками. По наружному диаметру катушка расклинена сухарями из асбоцементной доски. Сухари установлены в два ряда в шахматном порядке, в каждом ряду по шесть сухарей. Отжимная шайба *2* имеет толщину 6 мм, а шунтирующая шайба *3* — 2 мм. Электромагнит заливается эпоксидным компаундом.

При ремонте электромагнита М-22Б шайбы из электронита и асбоцементной доски заменяются на стеклотекстолит марки СТЭФ. Между стеклотекстолитом и проводом катушки следует уложить прокладку из асбестовой бумаги толщиной 0,2 — 0,3 мм. Стеклотекстолитовые шайбы устанавливаются также на отжимную шайбу и

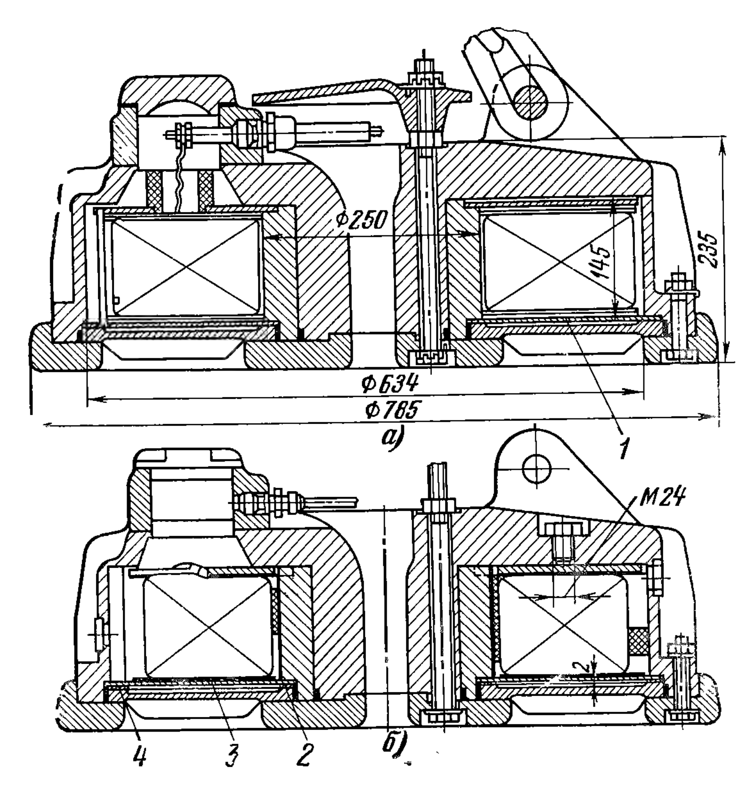


Рис. 19. Электромагнит М-21.
а — до модернизации; *б* — после модернизации.

на катушку после ее укладки в корпус. Общая толщина шайб 2—3 мм. В электромагнитах, где применялся для выводов провод ПЩ-6, его заменяют на провод РКГМ.

Так как направление модернизации круглых электромагнитов легкой группы аналогично электромагнитам средней группы, то при описании модернизации их ограничимся в основном рассмотрением соответствующих рисунков.

На рис. 19 показан электромагнит М-21 каркасного крепления катушки в корпусе до и после модернизации. При модернизации электромагнита М-21 крепление катушки, способ ее модернизации, обработка корпуса и реконструкция выводной коробки решены так же, как для электромагнита М-41, однако все же имеют место некоторые особенности. Шунтирующую шайбу *3* толщиной в

2 мм приваривают непосредственно к полюсам, а для сохранения плотности прилегания защитной шайбы к корпусу, которая нарушается из-за освобождения места, занятого нижней шайбой каркаса, устанавливают два кольца *2* и *4*. Эти кольца можно вырезать из снятой нижней шайбы каркаса *1*.

В заводском исполнении катушка выполнена из круглого провода марки ПДА ∅ 2,26 мм. При ремонте ее выполняют из такого же провода, что и катушки электромагнитов М-22Б и М-22, т. е. прямоугольным проводом марки ПСДК 1,45×3,28 мм. При этом внутренний размер катушки также увеличивают до размера катушек вышеупомянутых электромагнитов, что обеспечивает универсальность шаблона для их намотки. Увеличенный размер между внутренним полюсом и катушкой заполняют стеклотекстолитовыми прокладками.

На рис. 20 показан электромагнит типа М-22 с капсульным креплением катушки в корпусе до и после модер-

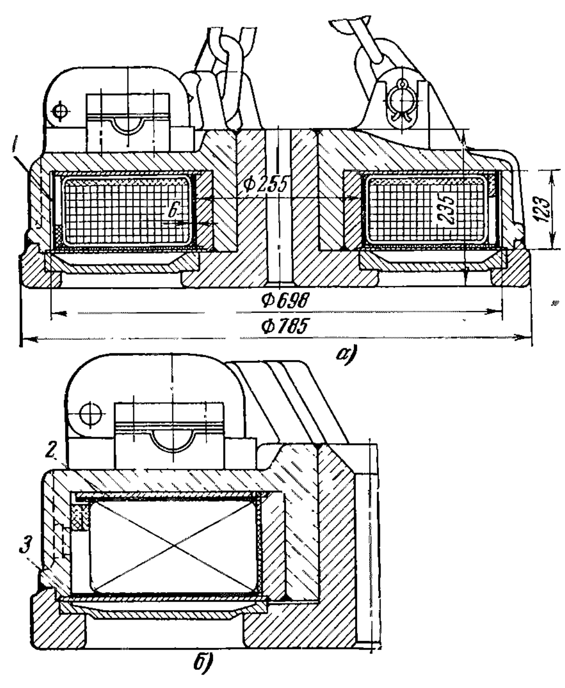


Рис. 20. Электромагнит М-22.
а — до модернизации; *б* — после модернизации

низации. При модернизации полностью повторяют способ крепления катушки и ее герметизации, как в электромагните М-42, с учетом особенностей электромагнитов легкой группы. Капсулу *1* ликвидируют, устанавливают отжимную *2* и шунтирующую шайбу *3*, выполняют три резьбовых отверстия для отжимных болтов и два отверстия для заливки электромагнита компаундом. Крепление катушки осуществляют как в электромагните М-22Б.

В § 3 при ознакомлении с принципиальной конструкцией электромагнитов было дано описание современного **прямоугольного электромагнита** средней группы ПМ-25А. Этот тип электромагнита в 1963 г. заменил выпускавшийся с 1961 г. электромагнит ПМ-25 (рис. 21). Последний также с капсульным креплением катушки в корпусе имеет те же электрические показатели и ту же грузоподъемность, что и ПМ-25А. Отличия состоят в том, что секции электромагнита ПМ-25 намотаны из провода ПММ 0,4×30 мм, а не из провода ПММ 0,4×22,

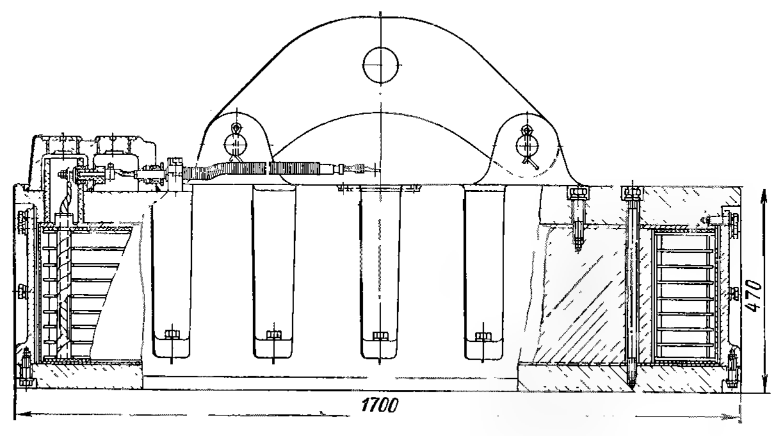


Рис. 21. Электромагнит ПМ-25.

как в электромагните ПМ-25А, и в том, что выводная коробка расположена сбоку корпуса и разбита на две камеры, как и для электромагнита М-62 (см. рис. 16). Реконструкция электромагнита идет по пути замены изоляции катушки на стеклотекстолит марки СТЭФ и вывода из ленточной меди на провод РКГМ сечением 25 мм².

К первым прямоугольным электромагнитам средней группы принадлежит электромагнит типа ПМ-20. Он имеет каркасное крепление катушки в корпусе и при ре-

монте его реконструируют: помещают в капсулу, которую выполняют по типу электромагнитов ПМ-25, так как у него обмоточные данные и размеры секций такие же, как у ПМ-25. Каждый вывод имеет свою коробку выводов, как в электромагните М-61, и реконструируют их так же.

К легкой группе прямоугольных электромагнитов относится ПМ-15 (рис. 22). По конструкции корпуса и вы-

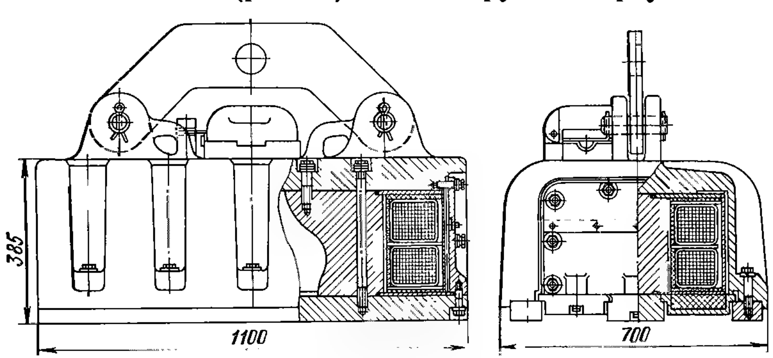


Рис. 22. Электромагнит ПМ-15.

водной коробки он аналогичен электромагниту ПМ-25А, но отличается размерами. Катушка состоит из двух секций, намотанных прямоугольным проводом марки ПСДК. Секции помещены в капсулу, соединены последовательно, расклинены сухарями из асбоцементной доски и залиты эпоксидным компаундом.

5. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА

Намотка катушек электромагнитов при ремонте значительно сложнее, чем при изготовлении новых электромагнитов. Это объясняется дополнительными трудностями, связанными с разборкой электромагнита, размоткой катушек и восстановлением обмоточного провода.

При недостаточном оснащении ремонтного участка станочным парком и специальными приспособлениями трудности ремонта усугубляются, а стоимость и продолжительность ремонта повышаются. В то же время оснащение ремонтного участка всем необходимым, подчас дорогостоящим оборудованием экономически целесообразно только при большой производственной програм-

ме ремонтных работ, когда коэффициент использования оборудования достаточно высок.

Технология ремонта грузоподъемных электромагнитов состоит из следующих операций:

приемки в ремонт — осмотра, разборки коробки выводов, определения неисправностей и объема предстоящих работ;

разборки электромагнита — снятия полюсных наконечников, извлечения катушки;

переизолировки секций с восстановлением ленточной меди и запечкой изоляции;

укладки катушки в корпус или в капсулу;

сушки изоляции и заливки магнитов электроизоляционной массой, сборки коробки выводов;

установки и закрепления полюсных наконечников;

испытания электромагнита после ремонта.

Если ремонт электромагнитов производят в электроремонтных цехах промышленных предприятий или на специализированных электроремонтных заводах, оснащенных станочным парком, сушильными печами, печами для светлого отжига меди, намоточными станками и др., то к дополнительному оборудованию следует отнести карусельный станок (с планшайбой, соответствующей диаметру электромагнита максимального размера), необходимый для вскрытия круглых электромагнитов, и продольно-строгальный станок для вскрытия прямоугольных электромагнитов, сварочный агрегат с опрокидывателем и станок для нарезки асбестовой бумаги из рулона в ролики. Необходимые для ремонта оснастка и приспособления указаны ниже при описании соответствующих операций ремонта.

Как правило, в ремонт поступают электромагниты, электрическое повреждение которых очевидно: отсутствие рабочего тока из-за отгорания выводных концов или обрыва межсекционных соединений; повышенная величина тока и из-за витковых замыканий или замыканий между секциями, замыкания на корпус и др.

На передовых предприятиях Министерства черной металлургии действует система принудительного ремонта. После отработки электромагнитом определенного срока (который устанавливается практикой эксплуатации в зависимости от режима работы), не дожидаясь выхода его из строя, электромагнит направляют на ремонт. Такой подход позволяет порой предотвратить до-

рогостоящий капитальный ремонт, связанный с полной перемоткой электромагнита, и даже непредвиденный останов технологического процесса. Это повышает эксплуатационную надежность электрооборудования, а также имеет экономические выгоды.

Приемка в ремонт

Поступающий в ремонт электромагнит очищают от пыли и грязи и измеряют сопротивление изоляции и сопротивление катушки постоянному току. Если сопротивление изоляции холодного электромагнита выше 10 МОм и сопротивление катушки укладывается в допуски, то производят испытание электрической прочности изоляции переменным током промышленной частоты в течение 1 мин. Величина испытательного напряжения 2500 В. Выдержавший испытание электромагнит при отсутствии механических повреждений считается пригодным к дальнейшей эксплуатации.

Перед проведением замеров изоляции электромагнита и сопротивления катушки коробку выводов разбирают: удаляют компаундную заливку с доски зажимов коробки выводов; снимают гайки и шайбы с токопроводящих шпилек; освобождают изоляционную панель от крепящих болтов и удаляют ее; освобождают шпильки от выводных концов катушки; острым инструментом удаляют компаундную заливку из отверстий выводов. Замеры и высоковольтные испытания производят при подключении катушки непосредственно за выводные концы. После сборки коробки выводов повторно проверяют изоляцию катушки. Если производится механический ремонт электромагнита: наварка полюсных наконечников, ремонт корпуса, коробки выводов, то высоковольтные испытания проводят повторно после всех механических работ напряжением 2000 В.

Если изоляция катушки электромагнита меньше 10 МОм, то его сушат в печи при температуре 180—190 °С в течение 24—48 ч (в зависимости от размера электромагнита). Изоляция катушки в горячем состоянии при температуре 100—120 °С должно быть не ниже 0,6 МОм. Испытание высоким напряжением производят после восстановления изоляции остывшего электромагнита.

Если же сопротивление изоляции катушки близко к нулю или сопротивление катушки постоянному току не

укладывается в допуски, а также если изоляция не выдержала испытания высоким напряжением, электромагнит считается непригодным к эксплуатации и его следует перемотать. Замер величины изоляции катушки выполняют мегомметром напряжением 500 В. Замер сопротивления постоянному току производят мостом типа МО-62 или МТВ.

Разборка электромагнитов

В электромагнитах круглой формы после разборки выводной коробки снимают полюсные наконечники и антимагнитную защитную шайбу. У электромагнитов с болтовым креплением наконечников отвинчивают гайки шпилек, крепящие наконечник внутреннего полюса (у электромагнитов М-21, М-41, М-61, М-62, М-62А, М-62Б) и гайки болтов, крепящие наконечник наружного полюса (у электромагнитов М-21, М-41), или выкручивают болты (у электромагнитов М-61, М-62). Заодно выкручивают три болта, крепящие каркас с катушкой (у электромагнита М-61), капсулу (у электромагнита М-62) или болты-пробки, закрывающие отверстия для отжимных болтов (у электромагнитов М-22Б, М-42Б, М-62Б). Если гайки не поддаются отвинчиванию из-за коррозии или деформации болтов, их срезают пламенем автогенной горелки. Поэтому ремонтный участок должен быть обеспечен необходимыми крепежными материалами, изготовленными из стали нужной марки.

У электромагнитов с приваренными полюсными наконечниками на карусельном станке снимается сварной шов, крепящий наконечники. Для снятия шва (рис. 23) резец затачивается под углом 60°. Швы снимают аккуратно, следя за тем, чтобы резец не углублялся за пределы шва в тело корпуса и наконечников. Для снятия наружного полюсного наконечника с болтовым креплением электромагнит вывешивают краном над полом на высоте 15,0—20,0 см, выбивают все болты, а затем ударами кувалды о край наконечника его отделяют от полюса. При этом надо соблюдать осторожность; быть готовым к тому, что наконечник в любой момент может отпасть. Удлиненные полюсные наконечники электромагнитов М-61 и М-62 могут настолько плотно сидеть на заточке корпуса, что ударами кувалды или забивкой зубила по окружности в щель разъема не удается отделить

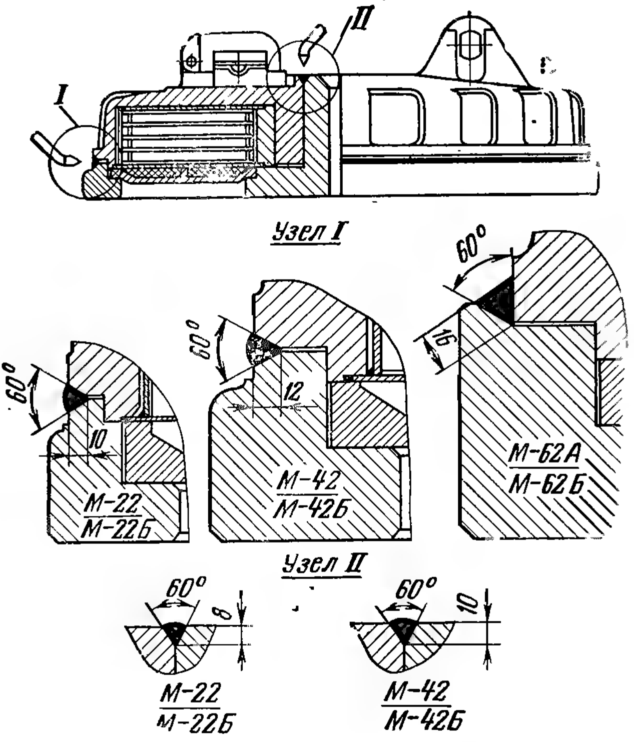


Рис. 23. Снятие швов электросварки полюсных наконечников.

полюсный наконечник от корпуса. В этом случае следует корпус интенсивно разогреть двумя газовыми горелками № 5 до температуры 200—250 °С. При увеличении в диаметре охватывающая поверхность корпуса освободит наружный наконечник. В этот момент можно снять и внутренний полюсный наконечник электромагнитов, когда он крепится на болтах или шпильках, для чего следует на шпильки внутреннего наконечника навернуть гайки заподлицо с концом шпилек и легкими равномерными ударами кувалды по гайкам отделить наконечник. Если таким способом не удастся удалить внутренний полюсный наконечник, то надо электромагнит установить на два деревянных бруска высотой 20—30 см так, чтобы они не мешали полюсному наконечнику отделяться от корпуса, и выбить шпильки вместе с наконечником более сильными ударами кувалдой, используя при этом сталь-

ные выколотки. Затем вновь вывешивают электромагнит и отделяют антимагнитную плиту.

Наружные наконечники, приваренные к корпусу, после снятия сварного шва отделяются легко; внутренние же приваренные наконечники после снятия сварного шва могут из-за коррозии и плотной посадки не выйти из корпуса даже после ряда ударов кувалдой. Наконечник в этом случае приходится выпрессовывать. При транспортировке электромагнита к месту выпрессовки следует исключить возможность выпадения наконечника вместе с антимагнитной плитой. Для этого снизу электромагнита через центральное отверстие в полюс вставляют специальную скобу, которая с помощью троса зачаливается за гак крана, переносящего магнит. При отсутствии специального оборудования выпрессовку внутреннего наконечника производят с помощью гидравлического домкрата с ручным приводом, как показано на рис. 24. Электромагнит устанавливают на два деревянных бруса и собирают приспособление, состоящее из круглого стального диска *2* толщиной 20 мм, трех шпилек *3* диаметром 32 мм и гаек диаметром 28 мм. Шпильки оканчиваются круглой серьгой с отверстием. Серьга входит

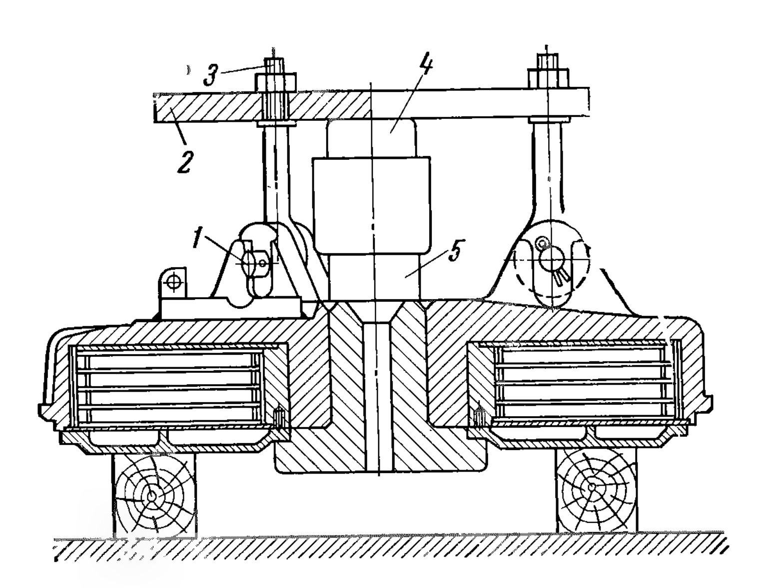


Рис. 24. Выпрессовка наконечника внутреннего полюса гидравлическим домкратом.

между парой проушин и закрепляется пальцем *1*. Между плитой и полюсным наконечником устанавливаются домкрат *4* и промежуточная стальная шайба *5* диаметром на 10—15 мм меньше диаметра наконечника. Высота этой шайбы подбирается по месту в зависимости от высоты домкрата и принятой длины шпилек.

После снятия наконечников и антимагнитной плиты у электромагнитов с каркасным креплением катушки в корпусе дальнейшие работы сводятся к расплавлению битумной заливочной массы (что можно сделать, поместив электромагнит в печь с температурой 120—150 °С или разогрев корпус газовыми горелками), снятию каркаса с внутреннего полюса, разборке каркаса, распайке межсекционных соединений и разборке катушки на секции.

Электромагниты с капсульным креплением катушки в корпусе для снятия швов приварки капсулы к корпусу и вскрытия капсул устанавливают на карусельный станок проушинами вниз (рис. 25). Для более точной центровки, надежной и удобной установки электромагнитов на стол карусельного станка изготовляют приспособление, по конструкции похожее на приспособление для выпрессовки полюсов. За один проход резца снимают сварной шов крепления капсулы к наружному полюсу и вскрывают капсулу по большему диаметру (узел *I*). Затем вскрывают капсулу по меньшему диаметру, убирают шунтирующую шайбу и снимают шов крепления втулки капсулы к внутреннему полюсу (узел *II*). Заточка резца для снятия этого шва выполняется под углом 90°.

Вскрыв капсулу, электромагнит устанавливают на верстак проушинами вниз и из него с помощью специального приспособления с отжимыми болтами извлекают капсулу. Приспособление (рис. 26) состоит из стального диска *1* толщиной 20 мм, который привертывают четырьмя болтами *3* к втулке капсулы, для чего в ней предусмотрено четыре резьбовых отверстия. В диске нарезают четыре отверстия под отжимные болты *2* (2М24 длиной 200 мм); равномерным выкручиванием болтов капсулу выводят из корпуса.

Так как при модернизации электромагнита капсулу не устанавливают, выемку катушки можно производить любым способом, обеспечивающим сохранение секции. В связи с тем что в электромагните М-62 капсула не при-

I
II

Узел I

Срезать резцом на глубину не более

7,5 15/3 мм
7,5 17/4 мм
22 20/4 мм

2
3
3

М-22
М-40, М-42
М-62А

Узел II

90°
2
4
60° 90°
3
6
45°
3
5

М-22
М-40, М-42
М-62А

Рис. 25. Вскрытие и освобождение капсулы от полюсов.

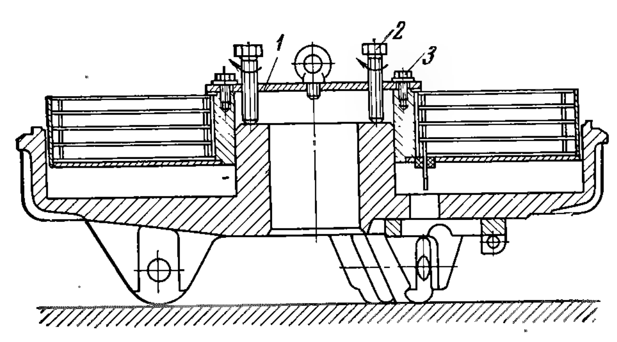


Рис. 26. Выемка капсулы из корпуса электромагнита.

варена к корпусу, ее можно вскрыть после снятия с полюса.

Электромагниты с бескаркасно-капсульным исполнением после освобождения от полюсных наконечников также устанавливают на карусельный станок проушинами вниз для снятия швов приварки шунтирующей шайбы к корпусу. Размеры швов аналогичны размерам швов электромагнитов М-22, М-42 и М-62А, но при снятии шва по большому диаметру проточка выполняется только по длине шва.

Для выемки катушки из корпуса (рис. 27) электромагнит устанавливают на подставку *1* проушинами вверх

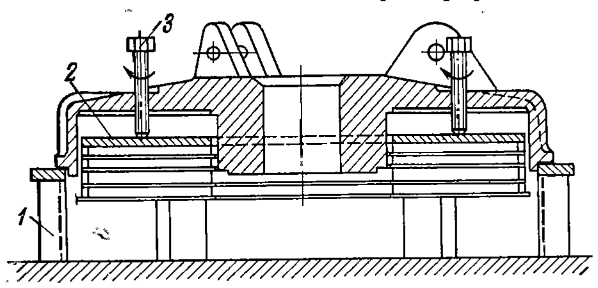


Рис. 27. Выемка катушки из корпуса электромагнитов М-22Б, М-42Б и М-62Б.

и равномерно вворачивают отжимные болты *3*. Эти болты, упираясь в отжимную шайбу *2*, выдавливают сразу всю катушку вместе с заливочной массой.

Так как электромагниты этого типа заливаются эпоксидным компаундом, представляющим в застывшем виде крепкую стекловидную массу, выдавливание катушки требует применения больших усилий. Как показала практика, эта работа намного облегчается, если перед выдавливанием катушки электромагнит нагреть в печи при температуре 200—220 °С в течение 6—10 ч. Компаунд на границе со стенками корпуса несколько размягчается, корпус, увеличиваясь по диаметру, «отрывается» от заливочной массы и для выдавливания катушки не требуются большие усилия.

После разборки детали электромагнитов, которые подвергаются модернизации, поступают на механическую обработку согласно сказанному о каждом типе электромагнита в § 4. После обработки электромагниты направляют на сборку.

Электромагниты прямоугольной формы, требующие перемотки, устанавливают на продольно-строгальный станок вдоль стола, укрепляют их и снимают резцом шов приварки наконечников наружных полюсов к корпусу. Затем устанавливают электромагнит на пол через два деревянных бруса высотой 20 — 25 см и вывертывают болты, крепящие сердечник, торцевые крышки и наконечники наружных полюсов. Отвинчивают гайки со шпилек, крепящих полюсный наконечник внутреннего полюса и наконечники наружных полюсов.

Освобожденный от крепежа электромагнит вывешивают над брусьями на 15 — 20 см. При этом полюсные наконечники наружных полюсов у электромагнитов с болтовым креплением отпадают. Наконечник внутреннего полюса вместе с сердечником и катушкой, а также наконечники наружных полюсов с креплением их шпильками (электромагнит типа ПМ-20) могут из-за погнутости шпилек остаться на месте или выйти неполностью. В этом случае шпильки вместе с полюсными наконечниками выбивают с помощью стальной выколотки длиной 300 — 350 мм, диаметром, равным диаметру шпилек. Вынутую капсулу помещают на строгальный станок шунтирующей шайбой вверх и снимают по длине швы ее приварки к боковым стенкам. По ширине шайбу отрезают газовой горелкой. В связи с тем что капсула используется повторно, работы по разгерметизации катушки надо производить аккуратно. Затем зубилом длиной 450—500 мм выбивают компаунд из капсулы, удаляют сухари, расклинивающие катушку, и вынимают секции, разрезая межсекционные соединения. Шунтирующую шайбу изготовляют заново. Вынутые секции очищают от прилипшего компаунда и подвергают дефектировке. Те из них, которые по сопротивлению постоянному току не укладываются в норму, бракуют и направляют на перемотку.

Переизолировка секций

Переизолировке подвергаются только секции электромагнитов, выполненные из ленточной меди; из прямоугольного провода с собственной изоляцией восстанавливать медь экономически невыгодно.

Перемотку секций, выполненных из ленточной меди, производят не только, когда ее сопротивление постоянному току не укладывается в допустимые отклонения, а также когда секция механически ненадежна: витки потеряли прочность сцепления между собой и секция не представляет собой целого монолитного диска. Последнее выявляется, если лежащую на верстаке секцию приподнять за край; в секции, потерявшей монолитность, витки смещаются один относительно другого.

Такое жесткое требование к механическим качествам секции объясняется тем, что перемотка электромагнитов является трудоемкой операцией, их ремонтируют на длительный период эксплуатации, характер работ ответствен, а потому к качеству ремонта предъявляются высокие требования. Нет никакой гарантии, что в секции, повторно укладываемой в электромагнит, имеющей слабое сцепление витков, не начнется дальнейшее прогрессирующее ослабление сцепления, истирание витковой изоляции под действием электромагнитных сил, возникающих при включении и выключении электромагнита, и, как следствие этого, возникнут витковые замыкания и электромагнит выйдет из строя.

Сопротивление секций постоянному току меньше допустимой величины свидетельствует о наличии в секции витковых замыканий. Если сопротивление повышено, то, вероятно, имеют место повреждения провода: частичный разрыв, трещины или нарушение паек провода.

Операция по восстановлению меди состоит из отжига секции в печи при температуре 500—600 °С с последующим погружением горячей секции в холодную воду и перемотки секции в бухту с одновременной механической очисткой провода от асбестовой бумаги и остатков лака. Отжиг улучшает структуру металла и делает провод более эластичным. Эту операцию лучше всего выполнять в печи светлого отжига меди. Кроме того, при отжиге разрушается лак, склеивающий асбестовую бумагу, что обеспечивает более легкую и полную очистку провода от старой изоляции.

Схема установки для очистки медной ленты показана на рис. 28.

Установка состоит из трех отдельных узлов: *круглого стола-вертушки 1*, на который укладывают разматываемую отожженную секцию; *устройства для очистки ленты*, куда входят направляющие ролика *2*, предварительный

скребок 3, два ролика 4, изгибающие ленту, второй скребок 5, две механические металлические щетки 6, рихтовочный зажим 7 и войлочный очиститель 8; *наматывающего устройства* — специального станка 9 с планшайбой 10 и прикрепленной к ней кассетой 11, на которую наматывается очищенный провод.

Стол-вертушка должен быть диаметром около 1 400 мм. В этом случае на него можно укладывать секции самых больших электромагнитов. Стол должен

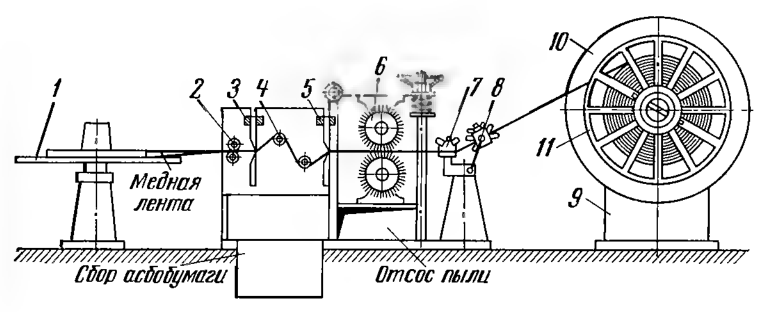


Рис. 28. Установка для очистки медной ленты.

вращаться легко и располагаться на уровне направляющих роликов 2. Все части устройства для очистки меди для большей жесткости комплектуют совместно. Предварительный скребок 3, выполненный из стеклотекстолита, своей верхней подвижной заостренной губкой с грузом, надавливая на медь, подрывает асбестовую изоляцию, которая на роликах 4 окончательно отслаивается и падает вниз в приямник. Второй скребок 5, выполненный, как и скребок 3, задерживает оставшуюся изоляцию и тем предохраняет щетки 6 от засорения асбестовой лентой. Каждая щетка имеет свой электродвигатель мощностью порядка 0,5 кВт с частотой вращения 1 420 об/мин. Верхняя щетка подвижная; с помощью особого устройства она может перемещаться в вертикальном положении, чем регулируют степень нажатия на медную ленту. Щетки окончательно очищают провод от следов лака и изоляции. Рихтовочным зажимом 7 разглаживают медь в плоскости и устанавливают степень натяжения ленты; его изготовляют из двух текстолитовых планок, которые стягивают по краям двумя болтами с гайками-барашками. Войлочный очиститель 8 снимает пыль и оставшуюся грязь с провода.

В качестве наматывающего устройства можно применить специальный станок или намоточный станок типов ТТ-22, ТТ-24. Станок должен обеспечивать частоту вращения кассеты 30 — 100 об/мин. Кассета состоит из двух щек и втулки. Втулку крепят к внутренней щеке, а щеку — к планшайбе станка. Наружная щека съемная, ее устанавливают после закрепления конца провода и намотки трех-четырех витков. Для съема бухты достаточно убрать только наружную щеку. Диаметр втулки

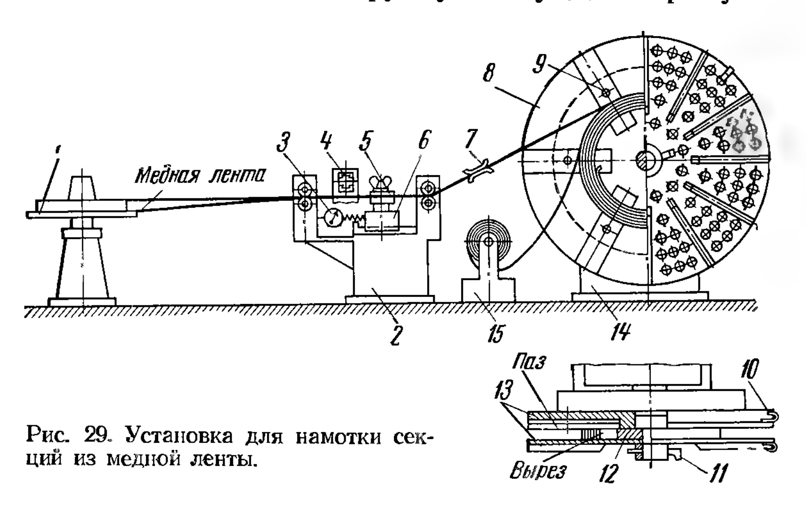


Рис. 29. Установка для намотки секций из медной ленты.

около 450 мм, диаметр щек 700 мм. При работе установки провод непрерывно осматривают. Обнаруженные механические повреждения и плохие пайки вырезают. Провод сматывают в бухты весом 30 — 35 кг.

Установка для намотки круглых секций из новой или восстановленной медной ленты показана на рис. 29. Установка состоит из пяти отдельных узлов: *круглого стола-вертушки 1*, на который укадывают бухту с проводом (он отличается от стола-вертушки для размотки секций только диаметром; здесь достаточно иметь диаметр стола порядка 700 мм); *устройства 2 для натяжения ленты* (в него входят две пары роликов — входные и выходные, натяжной зажим *5* на подвижной каретке *6* и динамометр *3* для определения усилия натяжения); *электроклещей 4* для пайки ленты твердым припоем; *наматывающего устройства 14*, аналогичного описанному для очистки медной ленты, но в этом случае вместо

кассеты устанавливают специальный шаблон *8*; *стойки 15* для ролика витковой изоляции — асбобумажной ленты.

Шаблон состоит из двух щек *13* и втулки *12*, которая определяет внутренний диаметр секций и выполняется сменной для различных типов электромагнитов. Ширина втулки должна быть на 1,5 мм шире наматываемой медной ленты. Внутреннюю щеку шаблона крепят болтами *9* к планшайбе намоточного станка. Она имеет для секции электромагнитов средней группы четыре, а для тяжелой группы шесть пазов. Против этих пазов во втулке имеются вырезы. В эти пазы и вырезы после намотки секций вставляют стальные планки, с помощью которых секцию временно, до запечки скрепляют.

На рис. 29 показан шаблон для намотки секций тяжелой группы электромагнитов (шесть пазов в щеке). Наружная щека в работе съемная. Все детали шаблона собирают на одну ось. Крепление наружной щеки к шаблону выполняют клином *11*. Для транспортировки шаблона предусмотрены крючки *10*. Перед началом намотки наружную щеку снимают, конец медной ленты пропускают через ролики и натяжное устройство (зажим *5* в это время ослаблен) и закрепляют его в одном из вырезов втулки *12*. Шаблон прокручивают на 1—1,5 оборота, останавливают и начинают изолировку провода стекломикалентой марки ЛМК-ТТ (ГОСТ 4268-65) толщиной 0,13 мм, в один слой вполнахлеста. Изолировку ведут на длину трех витков. В процессе изолировки провод промазывают лаком К-47к (МРТУ 6-02-64) и прокручивают шаблон; натяжение при этом осуществляют рукой. Затем под медную ленту подсовывают с ролика конец асбобумажной ленты, шаблон прокручивают еще на один оборот, устанавливают на шаблон съемную щеку, затягивают зажим *5* и включают в работу намоточный станок. Затяжкой зажима регулируют натяжение провода, которое должно составлять 3—4 кгс/мм². Во время намотки рабочий через фетровую прокладку *7* непрерывно контролирует качество медной ленты. При обрыве асбестовой ленты станок отключают, изоляцию восстанавливают так, чтобы был перекрой в 50 70 мм. Скорость намотки зависит от квалификации рабочего, качества асбестовой ленты и находится в пределах 70—100 об/мин. При окончании одной бухты провода устанавливают следующую; пайку выполняют с пере-

кроем в 30—40 мм припоем ПСр-45. Место пайки тщательно обрабатывают напильником от наплывов припоя и заусенец.

На секции допускается до восьми паек. Количество намотанных витков контролируют по счетчику на станке и по отметке на шаблоне, соответствующей максимальному диаметру секции.

После окончания намотки секции снимают наружную щеку шаблона и секцию стягивают планками *1* (рис. 30),

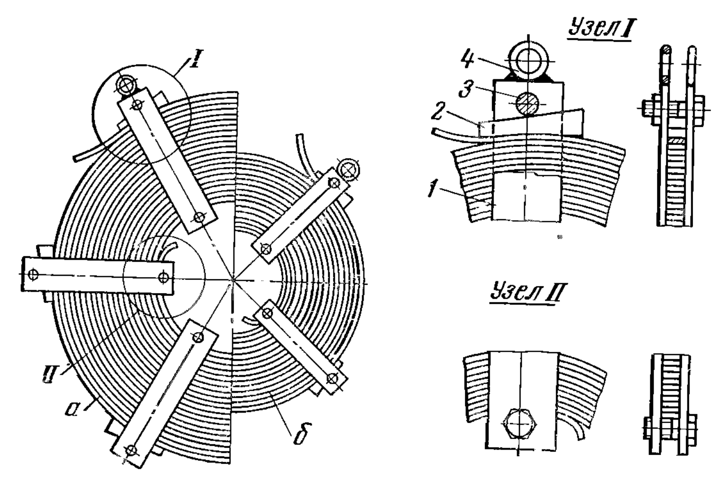


Рис. 30. Скрепление секций из ленточной меди временными планками.

а — для секций электромагнитов тяжелой группы; *б* — для секций электромагнитов средней группы.

для чего используют пазы во внутренней щеке и вырезы во втулке шаблона. Для предотвращения ослабления намотки крайних витков между наружными болтами *3* планок и секцией вбивают временные асбоцементные клинья *2*. Затем отрезают провод, снимают краном секцию с шаблона (для этого к одной паре планок для захвата тросом приварены кольца *4*) и направляют секцию для запечки изоляции.

В связи с тем что у секций, намотанных медной лентой толщиной 0,5 мм, наблюдаются изломы межсекционных перемычек и мест соединения с выводом, рекомендуется усилить начало и конец секций. Для этого начало намотки секции на длине 0,5—0,8 м и конец намотки на

длине 1,5—2 м выполняют двумя параллельными проводами.

Асбестовую бумагу нарезают из рулона на специальных роликовых ножницах. Ролики асбестовой бумаги должны быть шире на 1—1,5 мм медной ленты. Перед употреблением асбестовую ленту пропитывают в лаке К-47к в течение 3—4 ч. Затем ролики асбестовой ленты вынимают и выдерживают над пропиточной ванной до полного стекания лака. Технология намотки секций с заранее пропитанной асбестовой лентой в отличие от намотки с сухой асбестовой лентой и последующей обильной промазкой лаком или пропиткой секции погружением в специальную емкость дает большую уверенность в надежном склеивании витков. Загрязнение же шаблона лаком незначительно и легко удаляется тряпкой, смоченной в бензине. При намотке секции с пропитанной асбестовой лентой частота вращения шаблона на 20—30% меньше, чем сухой, так как возможности обрыва ленты возрастают, но зато помимо качественной стороны экономится время на пропитке, меньше затраты на оборудование и меньше производственные площади.

В случае небольшого объема ремонта грузоподъемных электромагнитов процесс очистки провода и намотки новых секций можно объединить в одну операцию, что и делают в небольших мастерских. Производительность же работ в этом случае, качество и культура производства несомненно проигрывают, так как процесс очистки связан с загрязнением рабочего места, а, как известно, изолировка требует должной чистоты.

На установке рис. 29 наматывают также секции из медной ленты для прямоугольных магнитов и секции из прямоугольного провода марки ПСДК для электромагнитов легкой группы. Технология намотки секций для прямоугольных электромагнитов из ленточной меди в принципе ничем не отличается от намотки для круглых электромагнитов.

Намотку ведут на шаблоне (рис. 31). Шаблон состоит из двух удлиненных щек: внутренней, которая крепится к планшайбе намоточного станка, для этого к ней приварены специальные скобы, и наружной, съемной, с клиновым креплением; распорного устройства, состоящего из двух крайних головок *1*, каждая из которых соединяется с центральной частью *5* двумя шпильками *2, 4* и

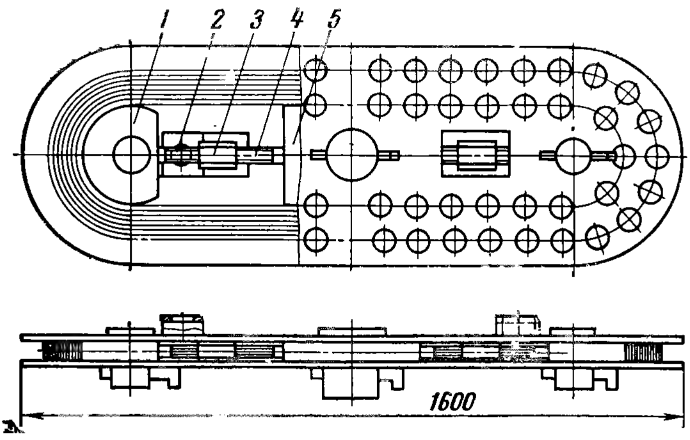


Рис. 31. Шаблон для намотки секции из ленточной меди для прямоугольных электромагнитов.

гайкой *3*. Шпильки имеют правую и левую резьбу. Размерами этого распорного устройства определяется внутренний размер секций. После окончания намотки витки секции в нескольких местах скрепляют временными вязками из стеклоленты, снимают секцию с шаблона вместе с распорным устройством и направляют на запечку. После запечки распорное устройство уменьшают по длине поворотом гайки *3* на несколько оборотов и вынимают из секции. Запечка секции вместе с распорным устройством обеспечивает ей правильную форму. Скорость намотки секции в зависимости от качества материала и квалификации рабочего составляет 30—60 об/мин.

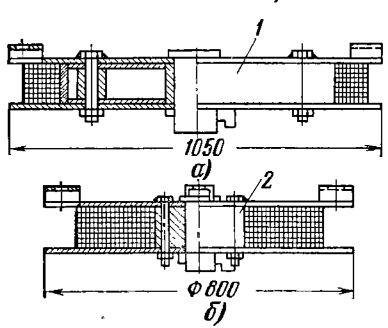


Рис. 32. Шаблон для намотки секций из прямоугольного провода.

а — для прямоугольных электромагнитов ПМ-15; *б* — для круглых электромагнитов.

При намотке катушек из прямоугольного провода для круглых электромагнитов или одной из двух секций катушки для прямоугольного электромагнита типа ПМ-15 в установке рис. 29 стол-вертушку заменяют стойками для установки барабана с проводом. Намотку ведут на шаблонах, приведенных на рис. 32,*а* или *б*.

Витки в каждом ряду укладывают плотно друг к другу. Между рядами укладывают пропитанную в лаке К-47к прокладку из стеклоткани марки Э-01 (ГОСТ 8481-61) толщиной 0,1 мм в один слой, смазывая поверхность ряда витков тонким слоем этого же лака. Переходы провода из одного слоя в другой во избежание местных утолщений выполняют вразбежку по периметру катушки. В первом и последнем рядах не доматывают по два-три витка, оставляя место для выводных концов. Затем катушку снимают с шаблона вместе с сердечником *1* для прямоугольных и втулкой *2* для круглых электромагнитов, скрепляют витки вязками из стеклоленты и направляют на запечку.

Запечку секций электромагнитов производят в две ступени в электропечи: первая ступень при температуре 120—130 °С в течение 6—12 ч, считая время с момента разогрева секций до указанной температуры; вторая ступень—при температуре 180—200 °С в течение 6—12 ч. Бо́льшее время относится к секциям электромагнитов тяжелой группы.

После запечки и охлаждения секции до окружающей температуры снимают крепящие ее приспособления, текстолитовым скребком очищают поверхность секции от возможных наплывов лака и замеряют ее сопротивление постоянному току. В случае отклонения сопротивления от допусков секцию бракуют и отправляют на исправление.

К катушкам, намотанным прямоугольным проводом, после запечки припаивают выводы (см. рис. 18,*в*), зачищают и изолируют места паек тремя слоями стекломикаленты ЛМК-ТТ толщиной 0,15 мм и одним слоем стеклоленты толщиной 0,2 мм. Покрывают всю катушку эмалью ПКЭ-22 (ТУ.ОЭППО 504.060.56) или ПКЭ-19 (ТУ.ОЭППО 504.060.58), покрывают торцы катушек изоляционными шайбами, как для электромагнита М-22Б, и изолируют ее стеклолентой так, чтобы по наружному диаметру один ряд ленты перекрывал другой не менее чем на $1/3$ ширины ленты. Затем катушку сверху повторно покрывают эмалью и направляют на сушку. Сушка продолжается 3 ч при температуре 180—200 °С.

Укладка катушек

Круглые электромагниты с каркасным и капсульным креплением катушки в корпусе модернизируют по типу бескаркасно-капсульного исполнения. Поэтому описание технологии укладки катушки в корпус приводится только по одному типу электромагнита М-42Б, а затем указываются наиболее существенные отступления в технологии для электромагнитов других типов.

Перед укладкой катушки, которую производят посекционно, в корпус вворачивают болты-пробки в отверстия для отжимных болтов и устанавливают электромагнит на верстак проушинами вниз. Внутреннюю полость корпуса тщательно осматривают, и обнаруженные заусенцы от механической обработки опиливают, металлическую стружку и опилки убирают. Очищают корпус от грязи, старой эмали и компаунда, протирая его ветошью, смоченной в бензине, и продувают сжатым воздухом.

Дно корпуса покрывают эмалью ПКЭ-22 или ПКЭ-19 и укладывают отжимную шайбу. Вырез в шайбе располагают симметрично отверстиям в корпусе для изоляционных втулок выводов. Затем устанавливают эти втулки и замазывают зазоры между ними и отжимной шайбой. Для этого можно применить замазку на основе эмали воздушной сушки ГФ-92ХС или ГФ-92ХК (ГОСТ 9151-59). Замазка состоит из 100 частей хризотилового асбеста марки М от третьего до пятого сорта (ГОСТ 12871-67), 360 частей молотого пылевидного кварца марки КП-1 (ГОСТ 9077-59) и 200 частей эмали с вязкостью 20—25 с по ВЗ-4 при температуре 20 °С. Замазка приготовляется путем тщательного перемешивания компонентов. Срок хранения замазки не более одних суток. Если изоляционные втулки из-за механических повреждений непригодны к повторному использованию, то в условиях ремонтных мастерских их целесообразно выполнить из стеклотекстолита.

Установив отжимную шайбу, всю внутреннюю поверхность корпуса покрывают эмалью и изолируют полюсы. Внутренний полюс изолируют тремя слоями стекломиканита марки ГФК-0,5 мм (ГОСТ 6120-61). Стыки изоляции выполняют внахлест на длине 50—70 мм и разгоняют их по окружности полюса. Всю изоляцию бандажируют одним слоем стеклоленты марки ЛЭС толщиной 0,2 мм (ГОСТ 5937-68) вполнахлеста. Банда-

жировку начинают с основания полюса. Все слои стекломиканита и стеклоленту покрывают эмалью. Наружный полюс изолируют стеклотекстолитом марки СТЭФ толщиной 1 мм, который устанавливают в виде двух—четырех прокладок по окружности полюса по всей его высоте с заходом в зазор между отжимной шайбой и корпусом. Стыки прокладок выполняют внахлест с перекроем в 30—40 мм. У места нахождения отверстий для заливки электроизоляционной массы в прокладках выполняют соответствующие этим отверстиям вырезы.

Изоляцию катушки от отжимной и шунтирующей шайб выполняют из трех слоев стеклотекстолита СТЭФ толщиной 1,5 мм и одного слоя асбестовой бумаги толщиной 0,5 мм, предварительно пропитанной в лаке К-47к. Асбестовая бумага укладывается в сторону меди. Изоляцию между секциями выполняют из двух слоев стеклотекстолита и по краям двух слоев асбестовой бумаги тех же толщин. Все слои изоляции при укладке промазывают эмалью.

Для наиболее экономичного раскроя изоляции из стеклотекстолита каждый слой выполняется в виде четырех—шести секторов, которые укладываются встык с минимальным зазором. По слоям стыки располагают со смещением на 50—60 мм. Внутренний радиус секторов равен радиусу изолированного внутреннего полюса, а наружный — радиусу изолированного наружного полюса. В секторах межсекционной изоляции по наружному диаметру делают вырезы, назначение которых—беспрепятственно пропускать при заливке электроизоляционную массу. Изоляция из асбестовой бумаги выполняется из двух полуокружностей с наружным диаметром на 20 мм больше диаметра секции и внутренним, равным диаметру изолированного полюса.

После изолировки полюсов укладывают изоляцию на отжимную шайбу, не забывая при этом промазывать эмалью каждый ее слой. Сторону асбестовой бумаги, обращенную к секции, также покрывают эмалью. Вслед за тем подготовляют два вывода: один для припайки к первой секции, а второй к четвертой. Вывод изготовляют из провода РКГМ сечением 25 мм^2 и припаянной к нему припоем ПСР-45 ленточной меди того же профиля, что и в катушке длиной 400—500 мм. Место припайки провода к медной ленте тщательно опиливают и изолируют

четырьмя слоями стекломиканенты ЛМК-ТТ толщиной 0,13 мм и одним слоем стеклоленты толщиной 0,2 мм вполнахлеста. Выводы пропускают в отверстия втулок. Один вывод, идущий к первой секции, пропускают до конца, а второй задерживают на уровне четвертой секции и временно подвязывают к полюсу.

Затем краном опускают в корпус первую секцию и припаивают к ней вывод. Место пайки зачищают и изолируют. Секцию центрируют, для чего зазор между ней и полюсом равномерно заполняют прокладками из отходов стеклотекстолита, неизбежно получающихся при вырезке секторов изоляции. Высота этих прокладок равна высоте меди, а длина — не менее 150 мм. Заполнение зазора должно быть плотное и аккуратное. Конец наружного витка перегибают во второй слой для соединения со следующей секцией, затем между секцией и наружным полюсом забивают сухари из асбоцементной доски, размещая их по окружности равномерно друг от друга. Секцию покрывают эмалью и укладывают следующий слой изоляции. В стеклотекстолитовых секторах вырезы от установленных сухарей располагают на расстоянии не менее длины выреза, а в месте, где проходит вывод от четвертой секции, в секторах выполняют соответствующий для него вырез.

Вслед за тем укладывают вторую секцию и спаивают ее с первой по наружному диаметру; далее укладывают третью и спаивают ее со второй по внутреннему диаметру и т. д. Пайки по внутреннему диаметру изолируют стекломикалентой в два слоя и слоем стеклоленты.

Соединение секций между собой выполняют так, чтобы направление тока в них было одинаковым. Для этого при укладке секций их чередуют; если нечетные секции имеют направление намотки в одну сторону, то четные — в другую, что достигается их переворачиванием.

При расклиновке второй секции по большему диаметру сухари устанавливают так, чтобы они по окружности находились между сухарями первой секции и не закрывали вырезы в изоляции между первой и второй секциями. Эти требования обязательно должны также соблюдаться при укладке всех последующих секций. При несоблюдении этого электроизоляционной массе будет трудно проникать во все пустоты и возможно образование «воздушных мешков».

После укладки последней секции к ней припаивают вывод и изолируют его; секцию расклинивают и накрывают последним слоем изоляции. Для более плотной укладки секции в корпус может потребоваться установка дополнительной изоляции — заполнителя. В качестве последнего экономичнее без снижения надежности применить несколько слоев пропитанной асбестовой бумаги.

Катушки накрывают шунтирующей шайбой и на шайбу кладут специальную нажимную плиту, которой с помощью струбцин стягивают секции катушки до отказа. В таком состоянии замеряют сопротивление всей катушки, величина отклонения которой от номинального значения должна быть в допустимых пределах, и сопротивление изоляции катушки. Если последнее равно нулю, то это означает, что имеет место замыкание на корпусе; его находят и устраняют. Рекомендуется прогреть катушку в течение 30 мин номинальным током и в прогретом состоянии еще раз опрессовать. После этой опрессовки по тому, как прилегла шунтирующая шайба к корпусу электромагнита, определяют, добавить или снять заполнитель из асбестовой бумаги.

Приварку шунтирующей шайбы к корпусу по внутреннему и наружному диаметру ведут постоянным током электродами УОНИ-55, водонепроницаемым швом. После приварки снимают струбцины, нажимную плиту и электромагнит помещают в электропечь для сушки изоляции катушки. Время сушки около 24 ч при температуре в печи 185—195 °С. Если сопротивление изоляции катушки от корпуса в конце сушки в горячем состоянии менее 0,6 МОм, то сушку продолжают. После сушки электромагнит заливают электроизоляционной массой — эпоксидным термореактивным компаундом холодного отверждения.

Эпоксидный компаунд состоит из 100 частей эпоксидной смолы ЭД-16 (ГОСТ 10587-72), 25 частей пластификатора—дибутилфталата (ГОСТ 8728-66), 10 частей кварцевого песка или маршалита марки КП-3 (ГОСТ 9077-59) и 8,5% массы смолы отвердителя № 1 марки ГМД (ВТУКУ 470-56) или полиэтиленполиамина (СТУ 49-2529-62). Приготовление эпоксидного компаунда производят следующим образом. Песок в течение 5—6 ч при температуре 180—200 °С прокаливают на противне с толщиной слоя в 40 50 мм, затем его просеивают на сите с 280 отверстиями на 1 см^2. Эпоксидную смолу ра-

вогревают при температуре 100—110 °С до полного ее расплавления и в расплавленную смолу вводят дибутилфталат и небольшими порциями песок. При вводе этих компонентов смесь тщательно перемешивают. Непосредственно перед заливкой в электромагнит эпоксидного компаунда в него вводят отвердитель. Температура компаунда в этот момент не должна быть выше 50—60 °С.

Надо иметь в виду, что «срок жизни» компаунда (сохранение текучести) после введения отвердителя около 30—40 мин, поэтому для его полного использования следует замешивать только то количество компаунда, под которое подготовлены электромагниты. Приготовление эпоксидного компаунда и работа с ним требуют обязательного соблюдения правил техники безопасности, к которым в первую очередь относятся наличие в цехе приточно-вытяжной вентиляции, использование для смазки рук специальных предохранительных мазей, работа в спецодежде, тщательное мытье рук теплой водой с мылом перед принятием пищи, запрещение курения, пользования открытым огнем и электросваркой в радиусе 5 м.

Компаунд заливают в электромагнит, остуженный до 30—40 °С, в следующем порядке. Закрывают одно из боковых отверстий пробкой и устанавливают электромагнит вертикально открытым отверстием вверх. В этом положении он остается до полного затвердения компаунда. Затем вставляют в это отверстие воронку, уплотняют ее пластилином и через нее небольшой струей из удобной в работе емкости заливают компаунд во внутрь электромагнита. Заливку ведут до полного заполнения его компаундом. Каждому типу электромагнита соответствует определенное количество компаунда, и если часть компаунда остается, то это свидетельствует о том, что внутри образовался «воздушный мешок». В этом случае воронку вынимают, отверстие забивают пробкой, электромагнит поворачивают вторым отверстием вверх, открывают эту пробку и доливают оставшийся компаунд.

Затвердевание компаунда должно проходить при температуре не ниже 15—20 °С в течение 3—5 ч. Поверхность компаунда в заливочном отверстии должна быть твердой и блестящей, а сам компаунд не должен давать усадки. Убедившись в соблюдении требований к эпок-

сидному компаунду после его отверждения, отверстие забивают пробкой. Пробки после обваривают. Наплывы компаунда убирают ножом и протирают ветошью, смоченной в толуоле или ксилоле.

Замеряют сопротивление изоляции катушки от корпуса, которое должно быть у электромагнита в холодном состоянии не менее 10 *М*Ом.

Уложив электромагнит плашмя, заливают электроизоляционные втулки выводов вровень с поверхностью корпуса специальным компаундом для коробки выводов. Затем собирают коробку выводов. Узел соединения выводного конца *25* (см. рис. 7) со шпилькой *21* пропаивают припоем ПОС-40. После установки панели *23* на головки болтов, крепящие ее, и между панелью и корпусом также наливают этот компаунд на высоту 10—15 мм. Компаунд для коробки выводов составляют из компаунда 225-Д, маршалита и хризотилового асбеста; приготовляется компаунд тщательным перемешиванием расплавленного компаунда и хорошо просушенных составляющих между собой; затвердевает при температуре окружающего воздуха.

Отступления в работах по укладке катушки в корпуса электромагнитов всех других типов следующие.

До установки отжимной шайбы в электромагнитах *М*-21, *М*-41 устанавливают изоляцию коробки выводов (рис. 10, 19); во всех типах электромагнитов, кроме *М*-22Б; *М*-42Б и *М*-62Б, изолируют сначала внутренний полюс, а потом устанавливают отжимную шайбу; в электромагнитах *М*-21, *М*-41, *М*-61 в отжимную шайбу перед ее установкой сначала монтируют изолированные выводы.

В электромагнитах тяжелой группы при расклиновке секций по наружному диаметру устанавливают асбоцементные прокладки (рис. 8, поз. *6*) и из-за большого количества употребляемой эмали для более быстрого удаления летучих обмотку электромагнита сушат до приварки шунтирующей шайбы к корпусу.

Для заливки компаунда в электромагнитах *М*-61 используют четыре отверстия сверху корпуса (рис. 11, поз. *10*).

Секции прямоугольных электромагнитов укладывают сначала в капсулу, заполняя полосками из стеклотекстолита зазор между секциями и изолированным сердечником и забивая распорные сухари между секцией и

стенкой капсулы, затем приваривают шунтирующую шайбу к капсуле, сушат катушку, заливают эпоксидным компаундом и собирают электромагнит.

Сборка электромагнитов

После модернизации у всех круглых электромагнитов наружный полюсный наконечник крепится к корпусу электросваркой. Способ крепления внутреннего наконечника сохраняется в заводском исполнении.

Основное внимание при установке наконечников должно быть обращено на плотность прилегания наконечников к корпусу электромагнита, особенно при установке вновь выполненных полюсных наконечников, так как зазор между полюсом и наконечником снижает грузоподъемность электромагнита.

При креплении обоих полюсных наконечников к корпусу на электросварке электромагнит опускают на приготовленные под приварку наконечники. Последние укладывают на пол на ровный толстый стальной лист вместе с защитной антимагнитной плитой. При этом под внутренний наконечник устанавливают стальную подкладку в виде диска диаметром, близким к диаметру наконечника толщиной 20 мм, а под наружный полюсный наконечник устанавливают равномерно по окружности шесть — восемь подкладок из стали толщиной 10 мм. Из-за разницы в толщинах прокладок опущенный на наконечники электромагнит сначала всей тяжестью ляжет на внутренний наконечник, что обеспечит плотность прилегания наконечника к корпусу, а затем после приварки внутреннего наконечника и удаления из-под него прокладки электромагнит ляжет на наконечник наружного полюса. Приварку полюсных наконечников ведут постоянным током электродами ОЗС-6.

При креплении внутреннего полюсного наконечника шпильками указанный порядок работ сохраняется. Прокладку из-под наконечника вынимают после полной затяжки гаек всех его шпилек.

Сборку прямоугольных электромагнитов начинают с крепления сердечника с капсулой к корпусу, для чего его опускают на капсулу и приболчивают. Затем приподнимают электромагнит и опускают его на полюсные наконечники с антимагнитными плитами и все вместе

скрепляют с торцевыми крышками. Полюсные наконечники наружных полюсов приваривают к корпусу по краям и в середине швом длиной 100 мм.

После окончания сборки электромагнита проверяют еще раз сопротивление катушки постоянному току, величину изоляции от корпуса и проводят испытание изоляции переменным током напряжением 3 000 В в течение 1 мин. После испытаний выполняют антикоррозийное покрытие наружных поверхностей электромагнита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баннов С. Е.** Ремонт электрооборудования металлургических заводов. М., Металлургиздат, 1957, с. 504.

2. **Готман П. Е., Березин В. Б., Хайкин А. М.** Электротехнические материалы. Справочник. М., «Энергия», 1969, с. 544.

3. Грузоподъемные электромагниты. Каталог-справочник. М., Информстандартэлектро, 1967, с. 20.

4. **Калинкин В. С., Фейлер Г. О.** Грузоподъемные электромагниты. М., Госэнергоиздат, 1960, с. 32.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 15 коп.